

Experimentelle Untersuchungen
zur Eignung des Rotators
Brachionus calyciflorus als Erstfutter
für Karpfenlarven (*Cyprinus carpio* L.)

Bambang Widigdo

Disbui. München

1988

Experimentelle Untersuchungen
zur Eignung des Rotators Brachionus calyciflorus
als Erstfutter für Karpfenlarven (Cyprinus carpio L.)

Dissertation
der
Fakultät für Biologie
der
Ludwig-Maximilians-Universität
München

vorgelegt
von
Bambang Widigdo
Bogor, Indonesien

Dezember 1987

1. Gutachter: Prof. Dr. O. Siebeck
2. Gutachter: Prof. Dr. E. J. Fittkau
3. Sondergutachter: Prof. Dr. R. Hoffmann

Tag der mündlichen Prüfung: 24.2.1988

Gedruckt mit Unterstützung des Deutschen Akademischen Austauschdienstes

DISSERTATIONS- UND FOTODRUCK FRANK GmbH
8000 München 2, Gabelsbergerstr. 15, Tel. 288663

Erklärung

Ich, Frau Dr. G. Maria Anna, geb. 1874, bin die Frau
Tetuko des Herrn Dr. G. Maria Anna, geb. 1874, der
Herrn, dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache.

Ich, Herr Dr. G. Maria Anna, geb. 1874, bin der
Herrn, dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache.

Herrn Dr. G. Maria Anna, geb. 1874, bin der
Herrn, dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache.

Herrn Dr. G. Maria Anna, geb. 1874, bin der
Herrn, dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache.

Herrn Dr. G. Maria Anna, geb. 1874, bin der
Herrn, dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache.

Herrn Dr. G. Maria Anna, geb. 1874, bin der
Herrn, dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache.

Herrn Dr. G. Maria Anna, geb. 1874, bin der
Herrn, dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache, und
dessen Namen ich hiermit bekannt mache.

Meiner lieben Frau
Dwi Putranti K.
Meinem lieben Sohn
Tetuko

Danksagung

Herrn Prof. Dr. O. Siebeck danke ich herzlich für die Überlassung des Themas und für die Korrektur der vorliegenden Arbeit. Seine freundliche Hilfestellung hat maßgebend zum Zustandekommen dieser Arbeit beigetragen.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. R. Hoffmann vom Institut für Zoologie und Hydrobiologie München für die allzeit gewährte Unterstützung während der Durchführung der Arbeit und für die Zusammenstellung der Ergebnisse.

Ferner danke ich Herrn Dr. M. Bohl von der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung in Wielenbach für die Benutzung der Labors und Materialien zur Erstellung meiner Versuchsanlage. Nicht zuletzt danke ich ihm für den Aufenthalt in der Versuchsanlage Wielenbach und für das gute Arbeitsklima.

Herrn Dr. N. Walz danke ich recht herzlich für seine Hinweise und für die Hilfe bei der Algen- und Rotatorienzucht und für die Bereitstellung der Algenstämme.

Frau Dr. Theresia Fischer vom Institut für Zoologie und Hydrobiologie München möchte ich für ihre Betreuung am Elektronenmikroskop herzlich danken.

Danken möchte ich auch Herrn Prof. Dr. V. Storch und Herrn Dr. H. Segner vom Zoologischen Institut der Universität Heidelberg für ihre nützlichen Hinweise bei der Einarbeitung in die Methoden.

Ferner danke ich Herrn Prof. Dr. C. Meske von der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (Ahrensburg) für die kostenlose Überlassung einer Karpfenbrut.

Die Arbeit wäre ohne Hilfe vieler Kollegen und Freunde innerhalb und außerhalb des Instituts nicht möglich gewesen, von denen ich einige stellvertretend nennen darf.

Mein Dank gilt:

Herrn Dr. Schlüter von der Kernforschungsanlage Jülich GmbH für die Rotatorienstämme und für die Vorschläge zur Rotatorienkultur.

Herrn Dr. E. Bohl von der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung in Wielenbach für die Hilfe bei der statistischen Auswertung.

Frau Möschter von der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung und Frau S. Friedrich vom Institut für Zoologie und Hydrobiologie München für die Anfertigung der Ultradünnschnitte.

Ihnen, sowie allen, die mit mir diese Arbeit diskutierten und sie korrigierten, danke ich recht herzlich.

Ohne die finanzielle Unterstützung für meinen Aufenthalt in der Bundesrepublik Deutschland durch den Deutschen Akademischen Austauschdienst (DAAD) wäre diese Arbeit nicht möglich gewesen.

INHALTSVERZEICHNIS

I. EINLEITUNG	Seite
1. Gewinnung und Haltung der Karpfenlarven	1
2. Rotatorien als Futter für Fischlarven	4
II. MATERIAL UND METHODEN	
1. Auswahl der Versuchstiere und des Mediums	7
2. Aufzucht der Algen und Rotatorien	7
2.1. Beschreibung des Algen- und Rotatorienkultursystems	7
2.2. Futterdosierung und Rotatorien-Produktion	10
3. Versuchsausführung	10
3.1. Beschreibung des Kultursystems	10
3.2. Physikalische und chemische Parameter	12
3.3. Ermittlung der Futterdosis	13
3.4. Bestimmung des Trockengewichts von Artemia bzw. <u>B. calyciflorus</u>	17
3.5. Proteinanalyse	18
3.6. Wachstumsversuche	19
3.7. Versuche zur Futterumstellung	20
3.8. Bestimmung der Futterverdaulichkeit	21
3.9. Licht- und elektronenmikroskopische Untersuchungen der Leberzellen	22
III. ERGEBNISSE	24
1. Wachstumsversuche	24
1.1. Fütterung mit Artemia	24
1.2. Fütterung mit Brachionus	36
1.3. Fütterung mit Trouvit	43
1.4. Mortalität	49

2. Versuche zur Umstellung des Futters	49
3. Die Futterverdaulichkeit	54
3.1. Wachstumsversuche	54
3.2. Futterumstellung	57
3.3. Hungerversuche	57
4. Cytologische Befunde	58
4.1. Lichtmikroskopische Befunde	
an den Leberzellen	60
4.1.1. Abhängigkeit von der Futterqualität	60
4.1.2. Abhängigkeit von der Futterumstellung	71
4.1.3. Abhängigkeit von der Futterqualität nach vorausgegangener Hungerphase	71
4.2. Elektronenmikroskopische Befunde	
an den Leberzellen	76
4.2.1. Ausgangssituation	76
4.2.2. Abhängigkeit von der Fütterung mit Artemia	81
4.2.3. Abhängigkeit von der Fütterung mit Brachionus	85
4.2.4. Abhängigkeit von der Fütterung mit Trouvit	86
4.2.5. Abhängigkeit von der Futterumstellung	92
4.2.6. Abhängigkeit von der Futterqualität nach vorausgegangener Hungerphase	93
4.3. Zusammenfassung	100
IV. DISKUSSION	101
V. ZUSAMMENFASSUNG	106
VI. LITERATURVERZEICHNIS	111

I. Einleitung

Um das tierische Proteinangebot für menschliche Ernährung zu verbessern, ist in Indonesien die Süßwasserteichwirtschaft ein wichtiger Faktor (Sumantadinata 1981). Zur Steigerung der natürlichen Fischproduktion wurden zahlreiche Maßnahmen wie z.B. Düngung und Kalkung und ergänzende Fütterung eingeführt. In Teichwirtschaften, in denen ausreichend Wasser zur Verfügung steht, werden die Fische in einem Betonteich mit hoher Durchflußrate und intensiver Fütterung gehalten, um damit auf engem Raum schnelles Wachstum bei höherem Besatz erreichen zu können (Sumantadinata 1981).

Die meisten Versuche zur Produktionssteigerung konzentrieren sich allerdings immer noch auf Fische in der Endproduktionsphase. Weniger Beachtung findet aber die Steigerung der Überlebensrate und des Wachstums bei jüngeren Fischen.

In Indonesien spielt unter den kultivierten Fischarten der Karpfen (Cyprinus carpio L) die wichtigste Rolle in der Teichwirtschaft. Die Fischwirte züchten und halten diese Fischart gern, weil sie sich durch gutes Wachstum auszeichnet, relativ einfach zu halten und preiswert ist.

1. Gewinnung und Haltung der Karpfenlarven

Die Erbrütung des Karpfens (Cyprinus carpio L) ist in der Natur von vielen Umweltfaktoren abhängig. Neben dem Reifungsgrad und der Anwesenheit des Milchners braucht der Rogner als natürliche Auslöser u.a. höhere Wassertemperatur (20-30°C), Anwesenheit von Pflanzen oder Material für die Eiablage und stärkere Wasserströmung (Hogendoorn und Huismann 1982).

In Ländern mit jahreszeitlichem Rhythmus sind diese natürlichen Auslöser nur im Sommer gegeben. Hier kann ein Rogner nur einmal im Jahr ablaichen (Meske 1973), während in tro-



pischen Ländern 3 bis 4 Mal abgelaicht werden kann. Um die Produktion von Karpfenlarven zu steigern, haben viele Autoren versucht, geeignete Bedingungen ausfindig zu machen, durch welche die Abhängigkeit von den genannten Auslösefaktoren reduziert oder sogar eliminiert werden kann.

Durch eine Haltung in einer Warmwasserkreislaufanlage und Hypophysierung ist dies in der Tat möglich. So wird die Geschlechtsreife in gemäßigten Zonen bei natürlicher Haltung in der Regel erst nach 3 bis 4 Lebensjahren erreicht. Bei Warmwasserhaltung ist das bereits nach 15 bzw. 3 Lebensmonaten der Fall (Meske 1973).

Bei der Hypophysierungstechnik zur Gewinnung der Karpfeneier und des Spermas wird dem Rogner und Milchner eine Hypophysensuspension injiziert; danach werden sowohl der Rogner als auch der Milchner abgestrichen, die Eier somit künstlich besamt. Diese Methode ist in den Arbeiten von Woynarovich und Kausch (1967) und Jähnichen (1976, 1978) im Detail beschrieben.

In der DDR ist der Hauptvermehrungsbetrieb mit dieser Methode erfolgreich (Jähnichen 1982). Nach Jähnichen (1976) kann man im Mittel von einem ca. 4 kg schweren Rogner über 800 000 Eier gewinnen. Die Aufzucht der Karpfenlarven bis zum schwimm- und freßfähigen Stadium stellt kein großes Problem dar. Die Haltung der Karpfenlarven bis zu einer Größe, in der sie Trockenfutter aufnehmen oder mit größeren Zooplanktonarten um die Nahrung konkurrieren können, ist jedoch die hohen, bisher unvermeidlichen Verluste problematisch.

Es ist allgemein bekannt, daß das Larvenstadium der Fische das empfindlichste Entwicklungsstadium ist. Nachdem der Dotter aufgebraucht worden ist, brauchen die Larven nährstoffreiches Futter, das eine geringe Partikelgröße aufweist und gut gefressen werden kann. In Teichen stellen Rädertiere eine geeignete Nahrung dar (Filatov 1972, Pilarska 1972, Tamas

und Horvath 1976). Allerdings treten auch andere größere Zooplanktonarten wie Copepoden und Cladoceren als Räuber und somit als Konkurrenten der Fischlarven auf (Tamas und Horvath 1976). Eine Übertragung der gerade schwimmfähig bzw. freßfähig gewordenen Karpfenlarven in Teiche bringt daher hohe Verluste. Weiterhin konnten Tamas und Horvath (1976) beweisen, daß die Larven von Graskarpfen von den Cyclopoden bzw. Copepoden getötet und gefressen werden können. Nach eigenen Erfahrungen in Indonesien war es jedenfalls nur selten möglich, die Sterberate der Karpfenlarven im Teich bis auf ca. 40 % herabzudrücken.

Die Anfütterung von freßfähig gewordenen Karpfenlarven mit Artemia salina oder anderen Zooplanktonarten in den kontrollierten Becken bereitet zwar keine Schwierigkeiten, doch ist die Beschaffung von Artemia-Eiern und die Zucht von Zooplankton in hinreichender Menge bisher zu kostenaufwendig (Kainz und Gollmann 1980). Deshalb haben viele Autoren sich bemüht, die Verabreichung von Artemia und Zooplankton durch Trockenfutter zu ersetzen. Dafür wurden mehrere Brutfuttermittel (wie Clark, Ewos-Karpfenfutter, Ewos-Lachsfutter und Trouvit OO) z.T. ohne und z.T. mit zugesetzten Vitaminen (A, D, E, K, B_{1;2;6}) oder Enzymen (Verdauungsenzym extrahiert aus frischen Hypatopancreas adultes Karpfen) (Kainz 1974, 1976, Anwand et al 1976, Albrecht et al 1977, Dabrowska et al. 1979, Dabrowski et al 1983 und Kainz und Gollmann 1980) oder Alkanhefe (Appelbaum 1977) an Karpfenlarven erprobt. Die Ergebnisse waren allerdings unbefriedigend und alle Untersucher stimmen darin überein, daß mit lebendem Zooplankton hinsichtlich Überlebensrate und Wachstum immer noch die besten Ergebnisse erreicht werden.

Es besteht somit nach wie vor ein großes Interesse, nach Futtermitteln, insbesondere nach geeignetem Lebendfutter zu suchen, das sich ernährungsphysiologisch, ökonomisch und technisch gut für die freßfähig gewordenen Karpfenlarven eignet.

2. Rotatorien als Futter für Fischlarven

Für die industriemäßige Produktion von Fischbrut ist die Anfütterung mit lebendem Zooplankton kaum zu ersetzen. Voraussetzung ist jedoch, geeignetes Zooplankton an Ort und Stelle kontinuierlich zu produzieren. In der marinen Aquakultur ist das seit Jahren üblich (Schlüter et al. 1984) und auf die Brackwasserspezies Brachionus plicatilis beschränkt. Diese Art wird bereits in großen Mengen produziert und zur Anzucht mariner Fisch- und Krebslarven verwendet (Chotyaputta und Hyarayama 1978 und Schlüter et al. 1984). Die Untersuchungen wurden nicht zuletzt mit dem Ziel verfolgt, die Massenproduktion von Rotatorien durch die Benutzung von Hefe anstatt Mikroalgen als Futter möglichst kostengünstig zu gestalten (Harayama und Watanabe 1973).

Entsprechende Untersuchungen mit limnischen Rotatorien befinden sich noch im Versuchsstadium. Walz (1983) beschäftigte sich z.B. mit Keratella cochlearis, um die demographischen Größen für die Beschreibung der Populationsdynamik zu ermitteln. Boraas (1980, 1983) hat für B. calyciflorus ähnliche Größen im Chemostatsystem erarbeitet. Der Futterbedarf von Rotatorien findet hinsichtlich Qualität und Quantität allgemein großes Interesse (vgl. Galkowskaya 1963, Halbach 1972a, Pilarska 1972, 1977, Halbach und Halbach-Keup 1974, Starkweather et al. 1979). Die Autoren ermittelten Lebensdaten, wie z.B. Lebensdauer, Zahl der Nachkommen pro Weibchen, Fertilität (Nachkommen/Weibchen x Stunde), Eirate (Eier/ Weibchen) und Kapazität des Kulturmediums in Abhängigkeit von Futterqualität und -quantität.

Die Interaktionen verschiedener Rotatorienarten untereinander im Freiland und der Einfluß von Abwässern auf die Populationsdynamik waren weitere Themen von Interesse (Arora, 1966 und Halbach, 1972b, 1973). Auch chemische Einflüsse wie z.B. von Sauerstoff, pH und Nitrit auf die Existenz von Brachionus rubens wurden untersucht (Schlüter und Groeneweg, 1981).

Um die Aquakultur bzw. die Versorgung der Fischlarven zu fördern, haben Tamas und Horvath (1976) und Verreth (1984) versucht, unerwünschte Zooplanktonarten wie Cladoceren und Copepoden durch Einsatz von Organophosphaten (Dipterex) im Streckteich herabzudrücken. Mit einer Dosis von 0,5-1,0 ppm Dipterex konnten diese Autoren beweisen, daß die Cladoceren und Copepoden in kurzer Zeit getötet werden, ohne die Lebensfähigkeit von Rotatorien und Graskarpfen zu beeinflussen. Nach einer 10-tägigen Dipterexapplikation (Dosis 1,0 ppm) bestand das Zooplankton im Streckteich nur noch aus Rotatorien, hauptsächlich aus Brachionus spp. (Tamas und Horvath 1976). Auf diese Weise konnte immerhin eine Überlebensrate von 70-90 % erreicht werden (Tamas und Horvath 1976).

Über die kontinuierliche Massenproduktion limnischer Rotatorien liegen nur wenige Arbeiten vor (Schlüter 1984, Groeneweg und Schlüter 1984 und Mitchel 1986). Schlüter (1984) hat eine Suspension von "Algen-Bakterien-Zooplankton" (=Albazod), die aus dem Ablauf eines Algengrabens zum Abbau von Schweinegülle gewonnen war, mit Erfolg als Futter für Brachionus rubens benutzt. Aus einem Kulturgefäß von 50 l Inhalt konnten jeden Morgen ca. 12,5 l Suspension mit einer Tierdichte von 275-506 Tiere/ml geerntet werden. Außer Brachionus rubens war an dieser Kultur bis zu 70% der Gesamtpopulation B. calyciflorus beteiligt.

Aufgrund dieser Ergebnisse besteht Aussicht B. rubens bzw. B. calyciflorus erfolgreich als Futterorganismus für Fischlarven in größeren Massen einzusetzen.

Im Vordergrund dieser Untersuchungen stehen folgende Fragestellungen:

1. Wie wirkt sich B. calyciflorus auf das Wachstum und die Mortalität von Karpfenbrut im Vergleich zur Artemia salina und handelsüblichem Trockenfutter (Trouvit 00) aus?

2. Wie ist die Verdaulichkeit der organischen Substanz von B. calyciflorus im Vergleich zu der von Artemia salina und der von Trouvit 00?
3. Wielange oder bis zu welchem Alter bzw. welcher Größe soll die Karpfenbrut mit B. calyciflorus aufgezogen werden, damit sie anschließend mit Trockenfutter gehalten werden kann?
4. Wie wirkt sich B. calyciflorus auf die Leber(ultra)-struktur der Karpfenlarven im Vergleich zur Artemia salina und zum Trouvit 00 aus?
5. Wie ändert sich die Leber(ultra)struktur der Karpfenbrut nach einer Umstellung von Lebendfutter (B. calyciflorus bzw. Artemia salina) auf Trouvit?
6. Wie regenerieren sich die Leberzellen der Karpfenbrut bei der Wiederanfütterung mit B. calyciflorus, Artemia salina und Trouvit nach einer 7-tägigen Hungerperiode?

II. Material und Methode

1. Auswahl der Versuchstiere und des Mediums

Die verwendeten Rotatorien (B. calyciflorus) stammten aus dem Institut für Biotechnologie-KFA Jülich GmbH. Als Futterorganismus erhielten sie die aus dem Zoologischen Institut der Universität München stammenden Grünalgen Scenedesmus sp. Die Algen wurden im künstlichen Nährmedium Chu-12 (Tab. 1) kultiviert. Das Medium wurde mit entionisiertem, nicht weiter vorbehandeltem Wasser angesetzt.

Für die Fütterungsversuche wurden freßfähig gewordene Karpfenlarven (Cyprinus carpio L), die ihren Dotter gerade aufgezehrt hatten (ca. 3 bis 4 Tage alt), verwendet. Später wird das jeweils angesprochene Fischalter von dem Zeitpunkt an gerechnet, in welchem die Fische den Dotter aufgezehrt hatten. Diese Larven stammten sowohl aus der Bundesforschungsanstalt für Fischerei (Ahrensburg) als auch aus der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei (Höchstadt/ Aisch).

2. Aufzucht der Algen und Rotatorien

2.1. Beschreibung des Algen- und Rotatorienkultursystems

Um eine ausreichende Menge an Rotatorien zu erzeugen, wurden vier zweistufige "Algen-Rotatorien-Freßketten" mit kontinuierlich betriebener Algenstufe und diskontinuierlicher Fütterung und Verdünnung der Rotatorienkultur hergestellt (Abb. 1). Der Algenchemostat bestand aus einer Medienvorratsflasche mit 75 l Inhalt (1) und einer Dosierpumpe (2). Er wurde mit einer Leuchtstoffröhre (Osram TL 36 W/25) beleuchtet (3). Um ein Absetzen der Algen in der Kultur zu verhindern und sie mit CO₂ zu versorgen, wurde sie mit einer elektrischen Pumpe belüftet (4). Die Verbindungen zur Medienvorratsflasche sowie zur Rotatorienkultur bestanden aus Siliconschläuchen

Tabelle 1: Nährmedium CHU-12. (Chu 1942), modifiziert nach Müller (1972)

<u>Stammlösungen:</u>	<u>gr/l</u>
1. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	68,8
2. K_2HPO_4	8,0
3. $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	30,0
4. KCl	8,0
5. Na_2CO_3	16,0

<u>Lösung A:</u>	<u>ml/l</u>
St.-Lösung 2	25,0
St.-Lösung 4	25,0
St.-Lösung 5	50,0

<u>Lösung B:</u>	<u>ml/l</u>
St.-Lösung 1	25,0
St.-Lösung 3	100,0

<u>Endlösung (Chu-12):</u>	<u>ml/l</u>
Lösung A	25,0
Lösung B	25,0
Spuren-Element (PIV)	1,0
Vitaminlösung	1,0

Multivitamin nach Provasoli, Mc Lauglin & Droop (1957)

<u>A. Provasoli PIV Spurenelemente:</u>	<u>mg/l</u>
1. Tritiplex	1000,0
2. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	193,60
3. $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	36,10
4. $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	21,19
5. $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4,86
6. $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	9,20

<u>B. Vitamin:</u>	<u>mg/l</u>
1. Thiamin-HCL	2,0
2. B6 (Pyredoxolhydrochlorid)	0,2
3. B12 (Cyanocobalalmin)	0,5
4. Nicotinsäureamid	0,5
5. Ca-Pantothenat	0,5
6. Biotin	0,1
7. Thymin	0,5
8. Riboflavin	0,1
9. p-Aminobenzosäure	0,2
10. Folsäure	0,01

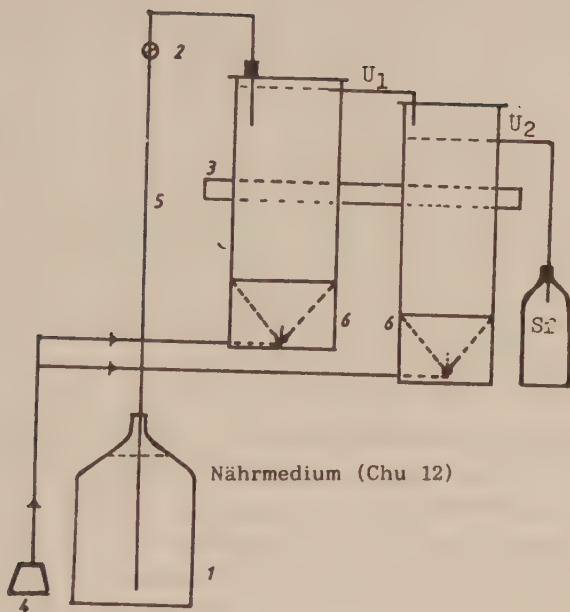


Abbildung I: Algen- und Rädertierkulturanlage
modifiziert nach Walz (1983)
(Erklärung siehe Text)

(ID 1,5 mm) (5). Als Gefäß für die Algen- und Rotatorienkultur wurden Plexiglasbehälter (ID 200 mm) mit einem Betriebsvolumen von je 12 l verwendet (6). Die Algen und Rotatorien wurden bei Zimmertemperatur kultiviert.

2.2. Futterdosierung und Rotatorien-Produktion

Die Algendichte wurde mit einem Spektrophotometer (Fa. Beckmann DU 5) bei einer Wellenlänge von 720 (E_{720}) regelmäßig in einer 1 cm dicken Küvette bestimmt. Bei einer Durchflußrate von 2-3 l pro Tag (Verdünnungsrate: 0,17-0,25 pro Tag) lag die E_{720} zwischen 0,186 und 0,312. Das entsprach etwa $88,12 \times 10^4$ bis $142,96 \times 10^4$ Algenzellen pro ml. (Abb. 2).

Durch den Ablauf (U_1) aus der Algenkultur wurde der Flüssigkeitsüberschuß in die Rotatorienkultur weitergeleitet. Der Überschuß der Rotatorienkultur kann durch den Überlauf (U_2) in die Sammelflasche (Sf) fließen und gesammelt werden (Abb. 1). Jeden Tag wurden etwa 2-3 l der Rotatorienkultur abfiltriert und verfüttert. Wenn die Rotatoriendichte danach sehr gering war, wurden weitere 2-3 l entnommen, abfiltriert und mit 2-3 l frischer Algensuspension wieder in dasselbe Kulturgefäß zurückgesetzt.

Mit dieser Methode wurden pro Tag etwa 8-12 l Flüssigkeit mit einer Rotatoriendichte von 100-400 Tieren pro ml erzeugt.

3. Versuchsausführung

3.1. Beschreibung des Kultursystems

Als Gefäße für die Haltung der Karpfenlarven wurden Glasaquarien (Länge 30 cm, Breite 22 cm, Tiefe 25 cm) verwendet. An zwei gegenüberliegenden Seitenwänden waren 11 cm x 25 cm große Gazeetze (50 µm Maschenbreite) eingesetzt, die den Wasserdurchfluß ermöglichten, aber das Futter zurückhielten (Abb. 3a).

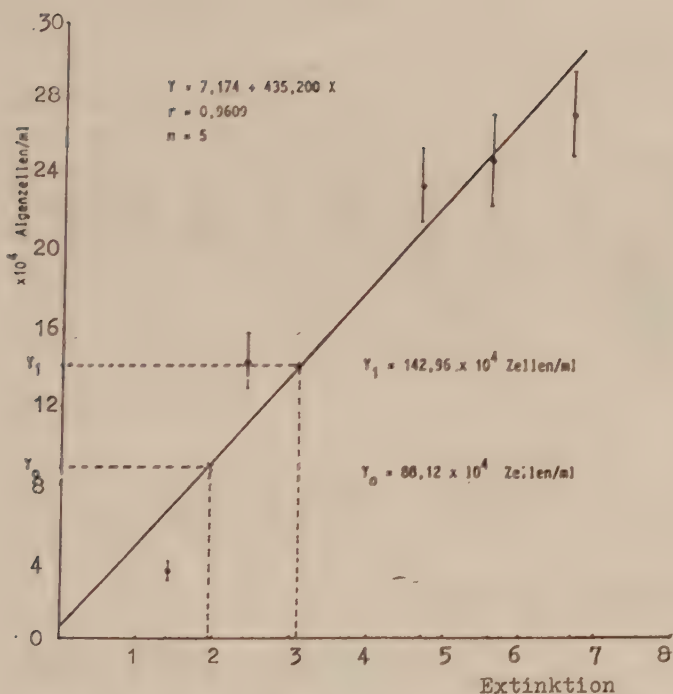


Abb. 2. Beziehung zwischen Algendichte und Extinktion bei einer Wellenlänge von 720 nm.

Sechs bis acht Aquarien wurden in eine Rinne (Länge 250 cm, Breite 40 cm, Tiefe 30 cm) mit geschlossenem Wasserkreislauf gestellt (Abb. 4). Die Durchflußmenge betrug ca. 0,3 l pro Minute in den Aquarien und 1-2 l pro Minute in der Rinne. Die Wassertiefe in der Rinne wurde durch einen Überlauf so reguliert, daß das Betriebsvolumen in jedem Aquarium ca. 10 l betrug. Damit wurde die Beeinträchtigung der Wasserqualität durch Futterreste und Fischeausscheidungen verhindert. Zur Primärwasserversorgung und zum Ersatz des Verdunstungsverlustes wurde Grundwasser verwendet.

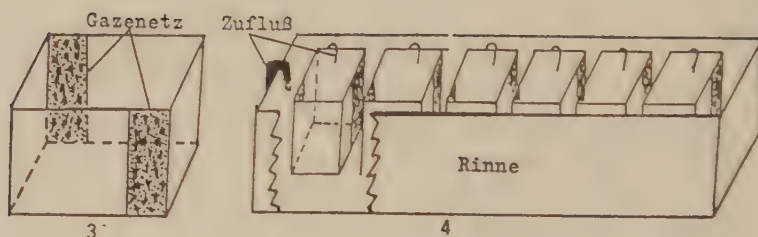


Abb. 3 u. 4: Fischhaltungsanlage

3: Einzelaquarien

4: Anordnung der Aquarien in der Rinne

3.2. Physikalische und chemische Parameter

Die Wassertemperatur in der Kreislaufanlage wurde mit einem Thermostat reguliert; sie lag während der Versuche bei $22 \pm 2^\circ\text{C}$. Die wichtigsten chemischen Parameter (Sauerstoff, pH, SBV, Stickstoff und Gesamthärte) wurden alle vier bis sechs Tage (insgesamt 9 mal) bestimmt. Die Werte lagen während der Versuche im Toleranzbereich der Fische (Tab. 2).

Tabelle 2: Chemische Parameter des Grundwassers

Parameter	Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung
Sauerstoff (mg/ml)	$7,65 \pm 0,15$
pH	$8,65 \pm 0,06$
SBV (ml HCL 0,1 n)	$5,56 \pm 0,14$
$\text{NH}_4\text{-N}$ (ml HCL 0,1)	$0,001 \pm 0,003$
Gesamthärte dH°	$15,57 \pm 0,41$

3.3. Ermittlung der Futterdosis

Da sich aus der Literatur keine generelle Empfehlung für die Fütterung junger Karpfen ergibt, wurden Vorversuche durchgeführt, um eine günstige Futtermenge zu ermitteln. Als Versuchstiere wurden freßfähig gewordene Karpfenlarven (ca. 4 Tage alt) mit einem Ausgangsgewicht von $2,095 \pm 0,207$ mg verwendet. Die Besatzdichte betrug zu Versuchsbeginn 250 Larven pro Aquarium. Um die Beeinträchtigung der Wasserqualität durch die steigende Besatzdichte (Fischgewicht pro Wasser-Volumen) zu verhindern, wurde nach fünf Tagen diese Zahl auf 200 Larven pro Aquarium und nach 10 Tagen auf 100 Larven pro Aquarium reduziert.

Als Futter erhielten die Karpfenlarven zunächst zweimal täglich Artemia salina (im weiteren als Artemia bezeichnet) Diese waren jeweils innerhalb von 2 Tagen in stark belüftetem Salzwasser (32 mg NaCl/l Aquadest) bei einer Wassertemperatur von etwa 25°C erbrütet worden. Nachdem die Belüftung abgeschaltet worden war, fanden sich die Artemien am Boden des Zuchtgefäßes, während die Eischalen an der Oberfläche akkumuliert waren. Die Nauplien wurden mit einem Schlauch abgesaugt; danach wurden sie über ein GazeNetz (50 µm Maschenweite) abfiltriert und mit Aquadest mehrmals gewaschen. Anschließend wurden sie in einer Flasche mit Aquadest bis auf eine Dichte von 150-300 Tiere pro ml verdünnt. Bevor sie den Fischen verfüttert wurden, wurde die Flasche sorgfältig gemischt, danach 1 ml Probe entnommen und die Tierdichte unter einem Binokularmikroskop bestimmt.

Artemia wurde in drei bis vier unterschiedlichen Dosierungen gegeben, die nach den Angaben von Bryant und Matty (1980) ausgewählt wurden. Demnach benötigen die Karpfenlarven im Alter von 1 bis 5 Tagen nach Aufzehrung des Dotters ca. doppelt so viel Artemia (Individuen/ Fischgewicht) wie im Alter von 6 bis 10 Tagen. Die Dosierung erfolgt aufgrund einer Gewichtsbestimmung von jeweils 10 % der Fischpopulation jeweils

am Ende des 5-Tage-Intervall (5., 10., bzw. 15. Tag). Die Einteilung der einzelnen Gruppen in Abhängigkeit von Versuchszeit und Futtermenge ist in Tab. 3 aufgezeigt. Zu jedem dieser Versuche wurde ein Parallelversuch durchgeführt.

Tabelle 3: Dosierung des Futters bei verschiedenen Gruppen und Versuchszeiten

Fisch- alter* (Tage)	Versuchsgruppe nach Futtermenge (Anzahl der <u>Artemia</u> /mg Fisch.Tag)					Fische pro Aquarium
	I	II	III	IV	V	
1 - 5	30	70	100	150	-	250
6 - 10	-	70	100	150	215	200
11 - 15	-	50	75	125	-	100

* Fischalter wurde berechnet ab der Aufzehrung des Dotters.

Die Ermittlung der günstigsten Futtermenge erfolgt anhand des üblichen Futterquotienten (verabreichte Futtermenge (Trockengewicht)) pro Gewichtszunahme (Naßgewicht) und der spezifischen Zuwachsrates (Zr) nach folgender Gleichung (Kausch u. Zimmermann, 1976):

$$Zr = \frac{\ln Gt - \ln Go}{dt} \times 100$$

wobei Gt = Naßgewicht der Larven zu Versuchsende, Go = Naßgewicht der Larven zu Versuchsbeginn und dt = die Versuchszeit bedeuten. Die günstigste Futtermenge liegt vor, wenn der Futterquotient ein Minimum erreicht hat. Futterquotient und spezifische Zuwachsrates wurden jeweils nach fünf Tagen Fütterungszeit ermittelt. Die Ergebnisse werden in Abb. 5 und 6 dargestellt. Danach erwies sich ein Angebot im Bereich von ca. 100 Artemia pro mg Fisch pro Tag als besonders günstig für die Fischalter von 1 bis 10 Tagen nach Aufzehrung des Dotters, während sich für die Fischalter von 11 bis 15 Tagen

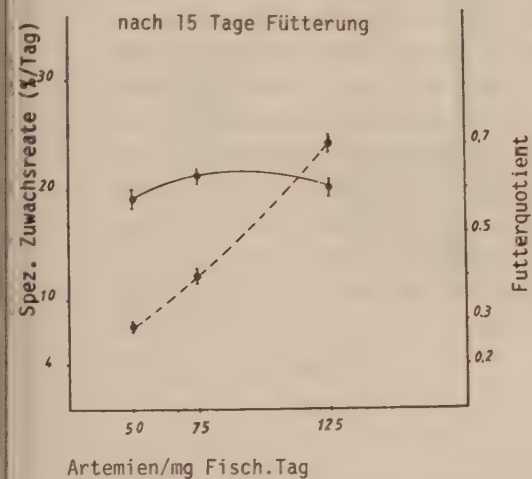
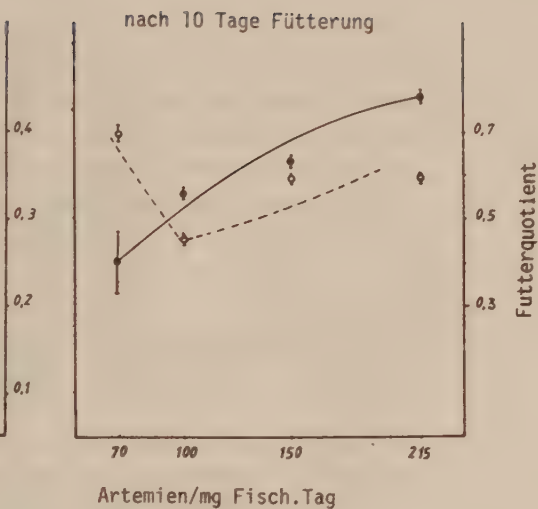
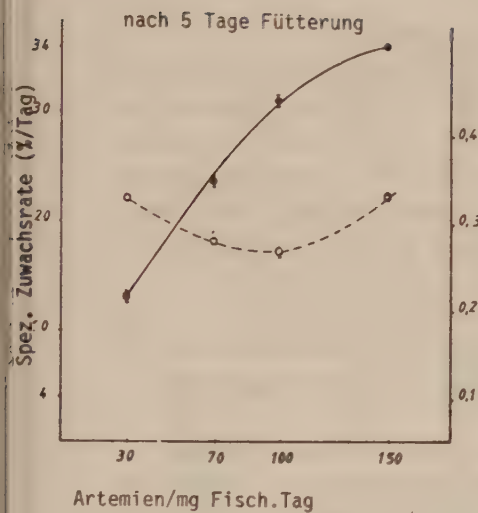


Abbildung 5: Spezifische Zuwachsrate (—) und Futterquotient (---) in Abhängigkeit von der Futterdosis nach verschiedenen Fütterungszeiten

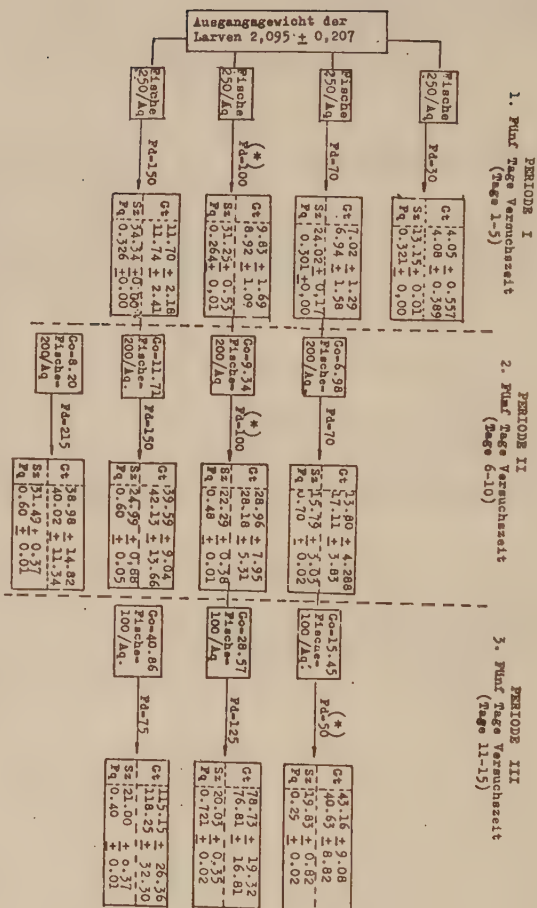


Abbildung 6 :
Wachstum und Futterquotient bei der Karpfenlarve
Pd - Futterdosis (Artemien/mg Fisch.Tag)
Sz - Spezifische Zuwachsrate (%/Tag)
Fq - Futterquotient
Gt - Anfangsgewicht der Larven (mg)
Gt - Endgewicht der Larven (mg)
Aq - Aquarium

bereits bei Individuenzahlen < 50 die günstigsten Zuwachsraten ergaben.

Da das durchschnittliche Stückgewicht der Fische nach 15 Tagen Fütterungszeit (nach der Aufzehrung des Dotters) schon über 40 mg (Abb. 6) ist, wurde dieser Zeitraum für die folgenden Versuche beibehalten. Ab dieser Größe können die Fische das künstliche Futter gut aufnehmen (Kainz, 1974, Anwand, 1976,).

3.4. Bestimmung des Trockengewichts von Artemia bzw.

B. calyciflorus

Da die Dosierung des Futters in den Hauptversuchen über den Proteingehalt (Gesamtprotein des Futters bezogen auf Lebendgewicht des Fisches) festgelegt werden sollte, mußte zunächst das Trockengewicht von Artemia bzw. B. calyciflorus (im weiteren als Brachionus bezeichnet), bestimmt werden.

Zur Bestimmung des mittleren Trockengewichts eines Individuums von Artemia bzw. Brachionus wurden jeweils 200-460 Individuen (Artemia) bzw. 1900-4700 Individuen Brachionus mit einem vorgewogenen Metallsieb (50 µm Maschenweite) abfiltriert und mit destilliertem Wasser gewaschen. Anschließend wurde das Sieb bei 105°C etwa 1-2 Std. im Trockenschrank getrocknet. Nach Abkühlung im Exsikkator wurde das Sieb auf einer Mikrowaage (Fa. Mettler) gewogen. Aus jeweils 10 Parallelbestimmungen ergab sich das Trockengewicht von Artemia (ca. 48 Std. alt) mit $1,986 \pm 0,108 \mu\text{g/Tier}$ bzw. von Brachionus mit $0,0162 \pm 0,010 \mu\text{g/Tier}$.

3.5. Proteinanalyse

Die Proteinanalyse der Futterproben erfaßt nach der von Rauch (1979) beschriebenen Biuret-Methode extrahiert. Danach wurden die vorgetrockneten und vorgewogenen Proben in Natronlauge zerrieben und dreimal im Wasserbad extrahiert:

1. Extraktion: 10 Minuten bei 80°C in 3 ml 0,5 n NaOH
2. Extraktion: 10 Minuten bei 80°C in 3 ml 0,5 n NaOH
3. Extraktion: 10 Minuten bei 100°C in 2 ml 0,5 n NaOH

Nach jeder Extraktion wurden die Auszüge sofort auf Raumtemperatur abgekühlt und 15-20 Min. bei 4500 U/Min. zentrifugiert. Die Überstände wurden in einem graduierten Reagenzglas gesammelt und auf ein definiertes Volumen mit 0.5 n NaOH aufgefüllt. Die Proben wurden gut durchgemischt und nach der Biuret-Methode gemäß der Arbeitsanleitung der Firma Boehringer-Mannheim GmbH photometrisch gemessen. Das Prinzip dieses Tests war folgendes: Eiweiß bildet mit Kupferionen in alkalischer Lösung einen Farbkomplex, dessen Intensität vom Gehalt des Gesamtproteins der Probe abhängig ist. Diese Intensität wird spektralphotometrisch bei der Wellenlänge von 546 nm erfaßt (Itzhaki und Gill, 1964).

Die zu vergleichende Futterarten wurden anhand ihres Proteingehaltes unterschieden. Für Brachionus, Artemia und handelsübliche Trockenfutter: Trouvit-00 (im weiteren als Trouvit bezeichnet), sind sie in Tabelle 4 angegeben.

Tabelle 4: Proteingehalt der verwendeten Futtermittel

Futter	%-Proteingehalt bezogen auf Trockengewicht + Standardabweichung	n
1. <u>Artemia salina</u>	49,98 ± 4,21	10
2. <u>Brachionus calyciflorus</u>	57,54 ± 4,24	10
3. Trouvit-00	48,53 ± 3,61	10

n = Zahl der Proben

3.6. Wachstumsversuche

Bei den Fütterungsversuchen wurden die gerade freßfähig gewordenen Karpfenlarven (ca 4 Tage alt) verwendet. Als Versuchsfutter wurde B. calyciflorus verfüttert. Zur Kontrolle wurden Artemia und Trouvit verwendet. Die Artemien wurde gewählt, weil sie als gut geeignetes Futter für Fischlarven bekannt ist. Diese stellen somit die Kontrollgruppe dar. Bei Trouvit handelt es sich um ein etabliertes Forellenfutter. Die Dosierung des Futters ergab sich aus den Ergebnissen der Vorversuche. Aufgrund dieser wurde für das Fischalter von 1 bis 5 Tagen bzw. 6 bis 10 Tagen (berechnet ab Aufzehrung des Dotters) die Futterdosis von 100 Artemia pro mg Fisch pro Tag festgelegt. Das entspricht ca. 0,1 mg Gesamtprotein pro mg Fisch pro Tag. Anhand des Trockengewichts und Proteingehalts von Brachionus konnte diese Dosis zur Ermittlung der erforderlichen Individuenzahl von Brachionus herangezogen werden. Es ergeben sich daraus 1075 Tiere pro mg Fisch pro Tag. Im Fall des Trouvit sind 0,2 mg pro mg Fisch pro Tag erforderlich, um auf denselben Proteinbetrag zu kommen. Für das Fischalter von 11 bis 15 Tagen wurde die Futterdosis von 50 Artemien pro mg Fisch pro Tag festgelegt, was 0,05 mg Gesamtprotein pro mg Fisch pro Tag entspricht. Die vergleichbaren Dosen von Brachionus und Trouvit sind 537 Tiere pro mg Fisch pro Tag bzw. 0,1 mg Trouvit (Trockengewicht) pro mg Fisch pro Tag.

Die Besatzdichte betrug 250 Karpfenlarven pro Aquarium bei Versuchsbeginn. Sie wurde nach fünf Tagen auf 200 Karpfenlarven pro Aquarium und nach 10 Tagen auf 100 Karpfenlarven pro Aquarium reduziert. Bei der Fütterung mit Trouvit war die Besatzgröße wegen der hohen Sterberate der Fische, nach 5 Tagen bzw. 10 Tagen erheblicher geringer (Tab. 9) als bei der Fütterung mit Artemia bzw. Brachionus.

Tabelle 5: Futterdosen

Fisch- alter*	Aus dem Vorversuch Fütterungsversuche			
	n Ar./mg Fisch/Tag	Gesamt-Pro- tein des Fut- ters/mg Fisch. Tag (Artemia)	n Br./ mg Fisch. Tag	mg Trouvit/ mg Fisch. Tag
1- 5	100	0,1	1075	0,2
6-10	100	0,1	1075	0,2
11-15	50	0,05	537	0,1

n Ar., n Br.: Anzahl der Artemia bzw. Brachionus

* Nach Aufzehrung des Dotters

3.7. Versuch zur Futterumstellung

Da aus der vorliegenden Literatur keine einheitlichen Empfehlungen hervorgehen (die Angaben variieren zwischen einem Stückgewicht von 5 mg und 36 mg (Anwand et al. 1976, Albrecht et al. 1977, Bryant und Matty 1981, Dabrowski 1984)), ab welchem Alter bzw. welcher Größe, die Karpfenbrut mit Trockenfutter gehalten werden kann, wurden Versuche zur Futterumstellung durchgeführt.

Für die von mir durchgeführten Experimente wurden die Versuchsfische verwendet, deren Wachstum während 10-tägiger Fütterung mit Artemia bzw. Brachionus kontrolliert worden war. Mit einer Besatzdichte von 30 Fischen pro Aquarium wurden die Brütlinge nunmehr mit Trouvit gefüttert. Als Kontrolle dienten Fische, die zuvor schon mit Artemia bzw. Brachionus aufgezogen und nun weiter mit demselben Futter versorgt worden waren. Die Futterdosis betrug wie bei den Wachstumsversuchen für das Alter von 11 bis 15 Tagen 0,05 mg Gesamtprotein des Futters pro mg Fisch pro Tag.

3.8. Bestimmung der Futterverdaulichkeit

Die Bestimmung der Verdaulichkeit erfolgte nach Conover (1966). Diese Methode geht von der Voraussetzung aus, daß nur der organische Anteil der Nahrung verdaut wird, während die anorganischen Bestandteile den Darm unverdaut passieren. Nach Conover (1966) ist die Verdaulichkeit durch folgende Gleichung definiert:

$$U = \frac{F - F}{(1-E)(F)} \times 100$$

U = Prozentuale Verdaulichkeit

F = Anteil des organischen (= aschefreien) Trockengewichts bezogen auf das Gesamtrockengewicht der Nahrung

E = Anteil des organischen (= aschefreien) Trockengewichts bezogen auf das Gesamtrockengewicht der Faeces

An jedem der fünf Tage des Fütterungsversuches wurden die Faeces der Fische unter dem Binokular mit Hilfe einer kleinen Nadel und Pipette aus anderen Futterresten entfernt, bei -20°C gelagert und später ihr Aschegehalt analysiert. Die Analyse des Aschegehaltes erfolgte gravimetrisch durch die Bestimmung des Glühverlustes. Futter bzw. Faeces wurden jeweils auf vorgetrocknete und vorgewogene Aluminiumfolie gelegt, bei 105°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet und dann gewogen. Danach wurden sie bei 450-500°C für ca. 4 Std. verascht und wieder gewogen. Der Anteil organischer Substanz wurde als Trockengewicht minus Aschegewicht berechnet. Die Verdaulichkeitsbestimmungen wurden für 3 verschiedene Bedingungen durchgeführt:

Bedingung 1: Wachstumsversuche

Bei den Wachstumsversuchen (II.3.3.6.) wurden jeweils am Ende der 5-Tage-Fütterungsperiode die Faeces der Fische

von anderen Futterresten entfernt und ihr Aschegehalt analysiert.

Bedingung 2: Futterumstellung

Am Ende der Futterumstellung (II.3.3.7.) wurden die Faeces der Fische von anderen Futterresten getrennt und ihr Aschegehalt analysiert.

Bedingung 3: Nach Hungerzustand

Nach Beendigung der Wachstumsversuche (II.3.3.6.) wurden die mit Brachionus bzw. Artemia gefütterten Fische jeweils über 7 Tage ohne Futter gehalten. Danach wurden sie jeweils auf zwei Gruppen aufgeteilt. Diejenigen Fische, die vorher mit Brachionus gefüttert worden waren, wurden mit Brachionus bzw. Trouvit weiter gefüttert. Die andere Gruppe und die vorher nur Artemia gefüttert worden war, bekam Artemia bzw. Trouvit.

Folgende Bedingungen waren gleich:

- 1) Besatzdichte: 22 Fische pro Aquarium
- 2) Durchschnittliches Ausgangsgewicht: $33,33 \pm 8,85$ mg
- 3) Futterdosis: 0,05 mg Gesamtprotein des Futters pro mg Fisch pro Tag.
- 4) Entnahme der Faeces: 5 Tage nach Behandlungsbeginn.
- 5) Versuchsdauer 5 Tage

3.9. Licht und elektronenmikroskopische Untersuchungen an Leberzellen

Die licht- und elektronenmikroskopischen Untersuchungen der Leberzellen von Karpfenbrut wurden während der Wachstums-, Futterumstellungs- und Hungerversuche durchgeführt.

Die Isolierung der Leber erfolgte unter einem Binokular sofort nachdem die Fische durch Dekapitation mit einem Skalpell ge-

tötet worden waren . Bei Fischlarven unter 1 cm war es schwer möglich, die Leber zu isolieren. Von diesen Larven wurden Kopf und Schwanz abgeschnitten und der mittlere Teil, der die Leber enthält, fixiert (Abb. 7).

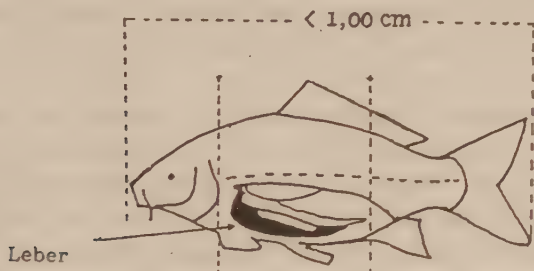


Abbildung 7: Schnittführung zur Isolierung des die Leber enthaltenen Leibeshöhlenabschnittes bei Karpfenlarven unter 1 cm Länge

Die Fixierung der herauspräparierten Leberstückchen bzw. des die Leber enthaltenden Anteils des Fischkörpers erfolgte in 6,25% Glutaraldehyd in Sörensen-Phosphatpuffer (pH 7,4) für zwei Stunden. Danach wurden mit Sörensen-Phosphatpuffer gespült und für zwei Stunden in 1 %-igem Osmiumtetroxid (OsO_4) nach Caufield fixiert. Anschließend wurde das Gewebe in einer aufsteigenden Acetonreihe entwässert und in Epon eingebettet. Mit einem Trimmgerät (Reichert-Jung TM 60) wurden die Blöckchen zugetrimmt. Semidünnschnitte wurden auf einem Ultra-Microtom MT-1 der Firma SORVAL mit einem Glasmesser angefertigt. Danach wurden die Semidünnschnitte mit Toluidinblau angefärbt und unter einem Lichtmikroskop ausgewertet.

Die Ultradünnschnitte wurden mit einem Ultracut (Reichert-Jung) angefertigt. Danach wurde mit Uranylacetat (30 Minuten) und Bleicitrat nach Reynolds (10 Minuten) kontrastiert. Die Auswertung der Ultradünnschnitte erfolgte mit einem Elektronenmikroskop der Fa. Zeiss.

III. Ergebnisse

1. Wachstum

1.1. Fütterung mit Artemia

Das durchschnittliche Gewicht der Karpfenlarven bei Versuchsbeginn (nach der Aufzehrung des Dotters), betrug $1,34 \pm 0,22$ mg (Versuch I) bzw. $1,30 \pm 0,26$ mg (Versuch II).

Nach der 15-tägigen Fütterung nahm das Gewicht der Fische etwa exponentiell zu (Abb. 8a u. 9a). Es erreichte am Ende des Versuches das 31-fache seines Ausgangsgewichtes. Das durchschnittliche Gewicht am Ende des Versuches war $41,47 \pm 19,55$ mg (Versuch I) bzw. $40,61 \pm 12,82$ mg (Versuch II). Die Beziehung zwischen Zeit und Gewichtszunahme läßt sich durch folgende Gleichung beschreiben:

$$\text{Versuch I : } W_t = 1,253 e^{0,238t}, \text{ mit } r = 0,953; n = 146$$

$$\text{Versuch II : } W_t = 1,264 e^{0,234t}, \text{ mit } r = 0,972; n = 167$$

wobei W_t = Naßgewicht zur Zeit t in mg, t = die Zeit in Tagen ab Versuchsbeginn und n = Anzahl der Wertpaare bedeuten. Bei den durchschnittlichen Futterquotienten von $0,37 \pm 0,08$ (Versuch I) und $0,38 \pm 0,08$ (Versuch II) ergibt sich ein durchschnittlicher täglicher Zuwachs von $23,5 \pm 3,9$ % (Versuch I) bzw. $22,9 \pm 4,6$ % (Versuch II) des am Vortage erreichten Naßgewichtes. Die Futterquotienten und spezifischen Zuwachsraten für einzelne Fütterungsperioden sind in Tabelle 6 und 7 zusammengestellt.

Wie die in Abb. 8a und 9a eingezeichneten Standardabweichungen des Naßgewichts zeigen, nimmt die Streuung im Laufe der Versuchszeit zu. Am Ende des Versuches erreichen die größten Fische bis 95,1 mg (Versuch I) bzw. 67,5 mg (Versuch II), während die kleinsten Fische nur 23,0 mg (Versuch I) bzw. 25,9 mg (Versuch II) wogen. Dieses "Auseinanderwachsen" der

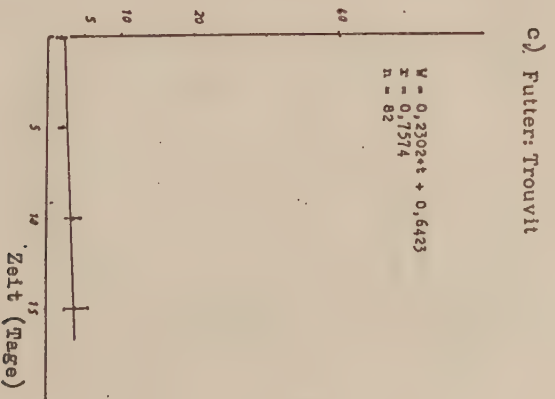
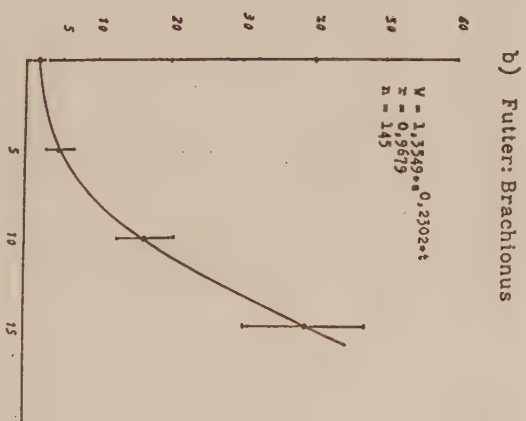
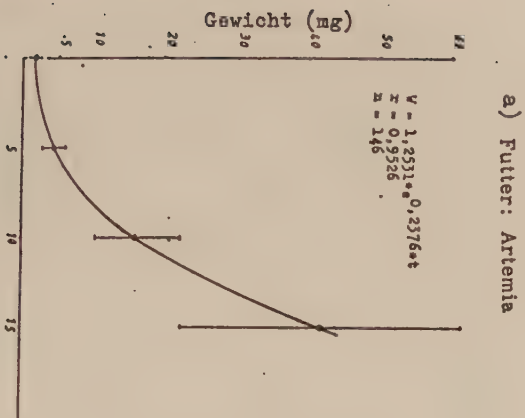


Abb. 8: Gewichtszunahme der Versuchsfische in Abhängigkeit von Futterart und Zeit (Versuch I)

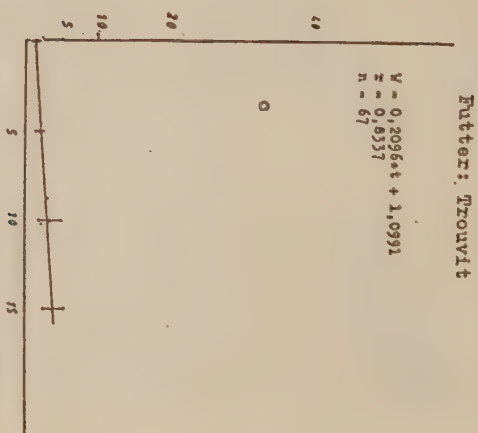
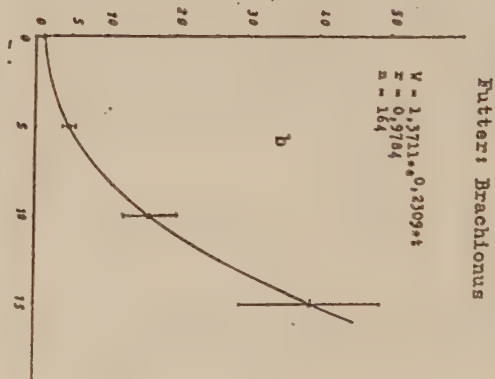
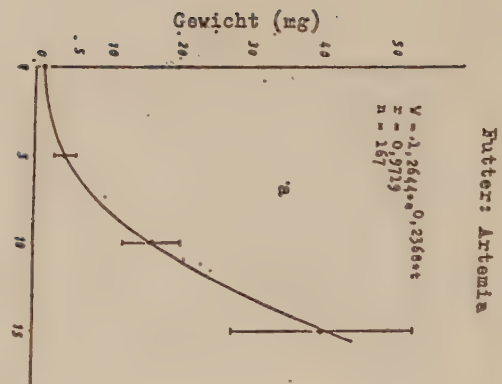


Abb. 9: Gewichtszunahme der Versuchsfische in Abhängigkeit von Futterart und Zeit (Versuch II)

Tab. 6: Länge-, Gewichtsentwicklungen und Konditionsfaktor sowie spezifische Zuwachsrate und Futterquotient der Karpfenbrut während der Versuchszeit. (Versuch I)

Tage*	5 Tage			10 Tage			15 Tage		
	Ar	Br	Tv	Ar	Br	Tv	Ar	Br	Tv
Futter									
n*	49	48	36	40	40	20	32	32	18
Minimal	0,65	0,65	0,65	0,80	0,90	0,65	1,20	1,30	0,70
Maximal	1,00	1,00	0,90	1,50	1,40	0,93	2,00	1,38	0,95
Länge im Mittel	0,80±0,09	0,83±0,10	0,69±0,07	1,21±0,15	1,19±0,13	0,76±0,08	1,51±0,20	1,54±0,10	0,79±0,07
Naßgewt. (g)									
Minimal	2,30	2,20	0,80	5,0	7,1	1,4	22,0	24,2	1,3
Maximal	9,0	8,2	1,9	28,4	24,6	5,6	95,1	68,3	6,8
im Mittel	4,42±1,57	4,88±1,73	1,43±0,27	15,72±5,56	16,64±3,91	3,47±1,05	41,47±19,55	38,84±9,60	3,79±1,53
Kon.faktor									
Minimal	0,554	0,625	0,261	0,423	0,596	0,622	0,810	0,823	0,379
Maximal	1,185	1,370	0,655	1,328	1,250	1,094	1,348	1,280	0,864
im Mittel	0,815 ± 0,175	0,844 ± 0,140	0,466 ± 0,10	0,873 ± 0,200	0,853 ± 0,157	0,782 ± 0,184	1,116 ± 0,139	1,036 ± 0,127	0,739 ± 0,180
** Trock.Gew. mg/ Fisch	0,50±0,00	0,61±0,01	0,26±0,04	2,25±0,21	2,05±0,35	0,34±0,02	6,27±0,17	5,11±0,842	0,365±0,09
** Spez.Zu- wachsrate (%/ Tag)	23,55± 0,06	25,58 ± 1,0	1,23 ±0,1	27,37 ± 0,20	21,45 ± 1,88	17,985 ± 1,22	19,60 ± 0,81	19,49 ± 1,02	1,79 ±0,63
** Futter- quotient	0,46±0,00	0,3 ±0,0	22,53±2,40	0,35±0,01	0,46±0,07	1,17±0,05	0,30±0,02	0,264±0,02	33,09±12,13

* : Tage = nach Fütterungstagen, = 5; 10; 15 Tage;

n = Zahl der Fischproben von jeweils zwei Wiederholungen.

Ar = Artemien
Br = Brachionus
Tv = Trowit

** : Mittelwerte, berechnet aus zwei Wiederholungen

Tab. 7: Länge- und Gewichtsentwicklung sowie Konditionsfaktor der Karpfenbrut während der Versuchszeit (Versuch II)

Tage *	5 Tage				10 Tage				15 Tage			
	Futter	Ar	Br	Tv	Ar	Br	Tv	Ar	Br	Tv		
Länge (g)	n *											
Minimal	49	50	30	40	40	8	48	44	8			
Maximal	0,75	0,80	0,65	0,90	1,00	0,75	1,10	1,30	0,70			
im Mittel	0,90	1,00	0,80	1,35	1,35	1,00	1,80	1,75	1,20			
	0,83 ± 0,05	0,89 ± 0,05	0,75 ± 0,05	1,18 ± 0,11	1,20 ± 0,10	0,80 ± 0,12	1,54 ± 0,15	1,53 ± 0,10	0,85 ± 0,16			
Maßgewicht (g)	Minimal	3,0	3,1	1,3	6,7	11,0	2,1	12,0	22,7	1,4		
Maximal	6,2	7,9	2,8	25,3	29,3	4,0	67,5	63,9	5,8			
im Mittel	4,25 ± 0,83	4,80 ± 0,68	1,90 ± 0,42	16,57 ± 5,26	16,35 ± 3,78	3,42 ± 1,75	40,61 ± 12,62	38,87 ± 9,87	3,90 ± 1,48			
Kon.faktor	Minimal	0,554	0,505	0,351	0,750	0,718	0,240	0,761	0,827	0,336		
Maximal	1,094	0,886	0,816	1,179	1,082	0,875	1,374	1,301	1,02			
im Mittel	0,760 ± 0,101	0,701 ± 0,100	0,561 ± 0,119	0,979 ± 0,113	0,940 ± 0,101	0,628 ± 0,187	1,089 ± 0,142	1,050 ± 0,127	0,682 ± 0,521			
Trockengewicht** (mg)	0,61 ± 0,02	0,70 ± 0,04	0,37 ±	2,51 ± 0,16	2,24 ± 0,17	0,55 ± 0,07	6,52 ± 0,27	5,15 ± 0,30	0,53 ± 0,03			
Spez. Zuwachsrate**	23,70 ± 0,339	26,12 ± 0,88	7,58 ± 1,05	26,97 ± 0,18	24,44 ± 1,73	11,66 ± 2,21	17,90 ± 1,13	17,33 ± 0,04	2,91 ± 1,73			
Futterquotient**	0,45 ± 0,01	0,34 ± 0,02	3,32 ± 0,57	0,35 ± 0,01	0,36 ± 0,04	4,12 ± 1,19	0,35 ± 0,03	0,33 ± 0,00	27,03 ± 12,70			

* : Tage = nach Fütterungsstagen, = 5; 10; 15 Tagen

n = Zahl der Fischproben von jeweils zwei Wiederholungen

** : Mittelwerte ausgerechnet von jeweils zwei Wiederholungen

Fische ist auch in den Abb. 10 und 11 zu erkennen.

Während der gesamten Versuchszeiten nahm die durchschnittliche Länge der Fische annähernd linear zu (Abb. 12 a und 12d), und erreichte am Ende des Versuches bis $15,1 \pm 1,0$ mm (Versuch I) bzw. $15,4 \pm 1,5$ mm (Versuch II). Die Beziehung zwischen Zeit und Längenzunahme läßt sich durch eine Regressionslinie der Form:

Versuch I $L_t = 0,680 t + 5,177$; mit $r = 0,909$; $n = 146$

Versuch II $L_t = 0,650 t + 5,503$; mit $r = 0,949$; $n = 167$

darstellen, wobei L_t = Totallänge zur Zeit t in mm, t = die Zeit in Tagen ab Versuchsbeginn und n = Anzahl der Wertpaare bedeuten. Die Verhältnisse zwischen Länge und Naßgewicht der Fische waren während der Versuchszeit recht einheitlich (Abb. 13a und 13d). Durch das Punktefeld kann eine Regressionslinie der Form:

Versuch I : $W = 0,002 L^{3,667}$; mit $r = 0,974$; $n = 146$

Versuch II : $W = 0,001 L^{3,883}$; mit $r = 0,984$; $n = 167$

gelegt werden.

Ein anderes Maß für die Beziehung zwischen Naßgewicht und Länge ist der Korpulenzfaktor (K):

$$K = \frac{100 W}{L^3} \quad (\text{mg/mm}^3)$$

wobei W : Naßgewicht der Fische (mg), L : Totallänge der Fische (mm) bedeuten.

Mit einer Steigung von jeweils 0,048 (Versuch I) bzw. 0,046 (Versuch II) nahm der durchschnittliche Korpulenzfaktor der Fische während der gesamten Versuchszeiten annähernd linear zu (Abb. 14a und 14b). Die Zunahme der Korpulenzfaktoren mit

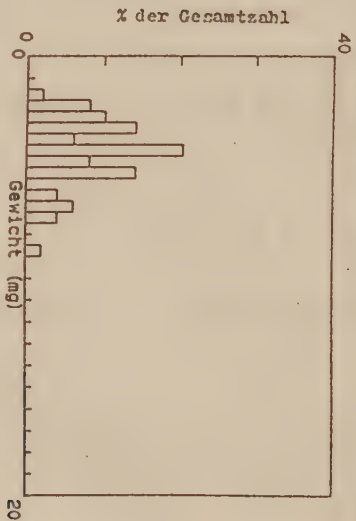
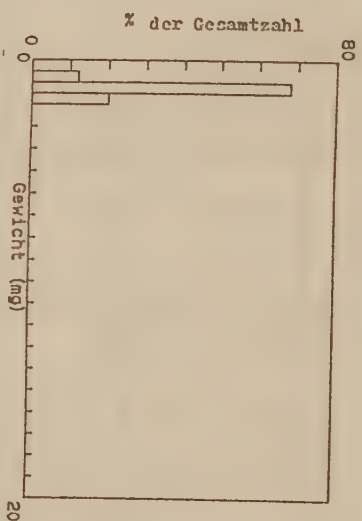
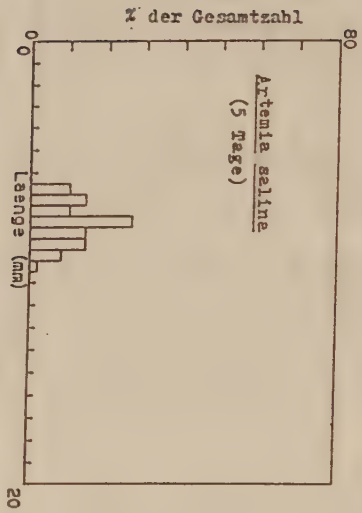
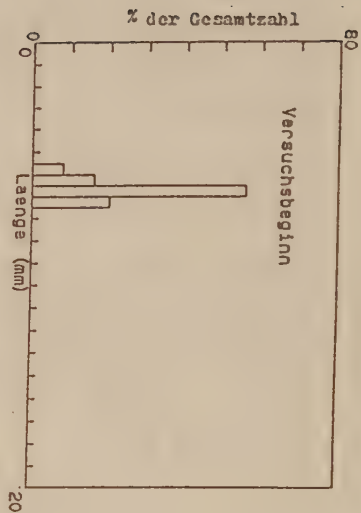
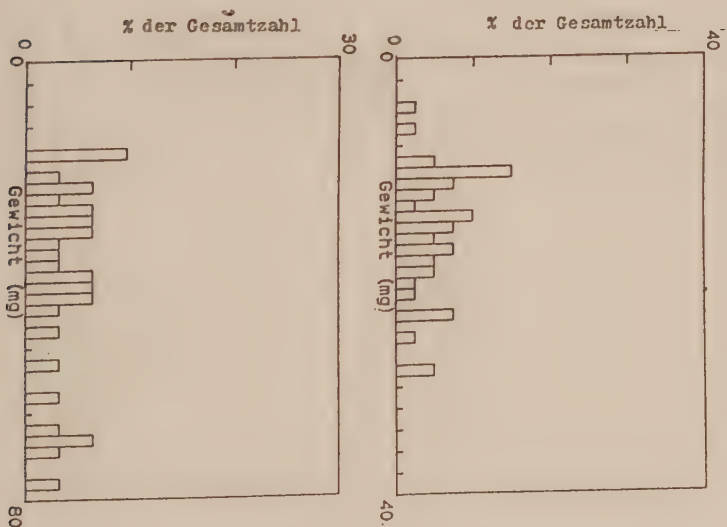
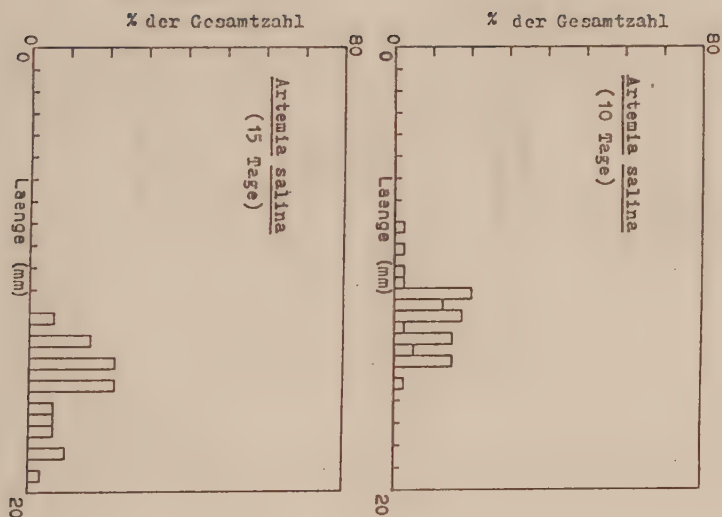


Abb. 10: Gewicht- und Längenverteilung der Versuchsfische
bei Artemia-Fütterung (Versuch I)

Abb. 10 Forts.



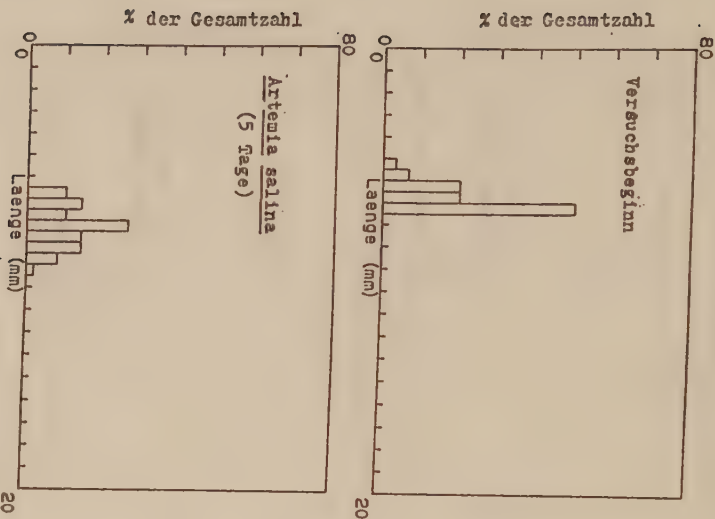
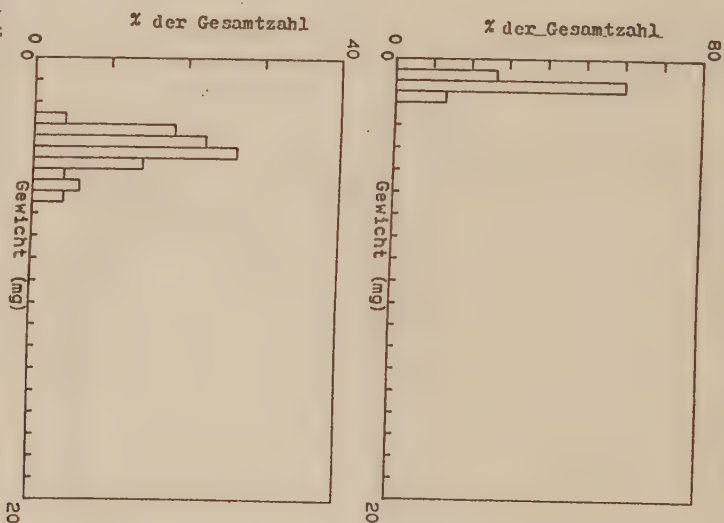
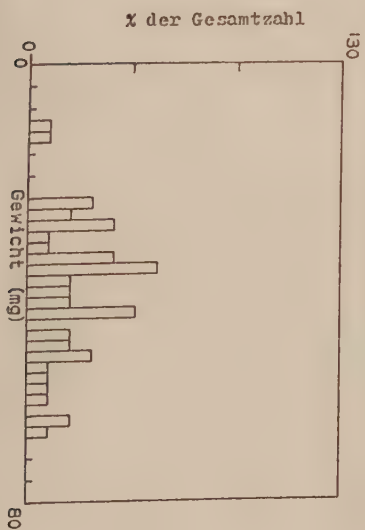
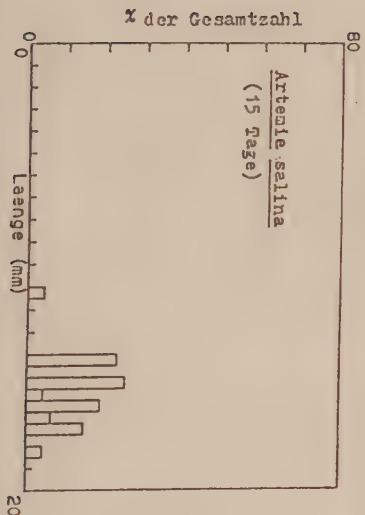
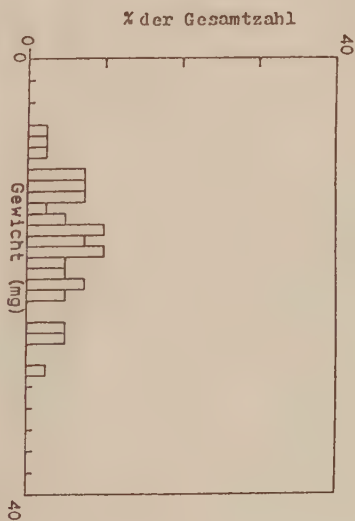
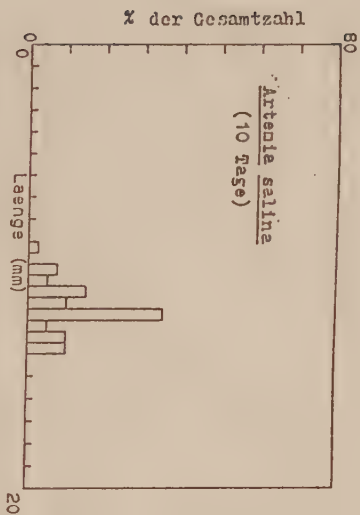


Abb. 11: Gewichts- und Längenverteilung der Versuchsfische bei der Artemia-Fütterung (Versuch II)



-Abb. 11. Forts.

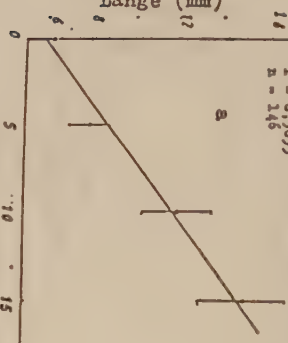


Futter: Artemia

$$L = 0,6624 \cdot t + 5,1769$$

$$r = 0,9093$$

$$n = 148$$

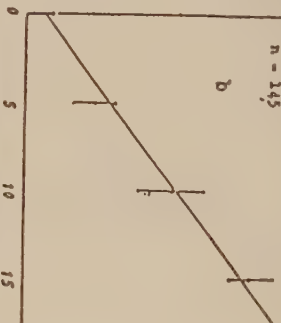


Futter: Brachionus

$$L = 0,6674 \cdot t + 5,3374$$

$$r = 0,9400$$

$$n = 145$$

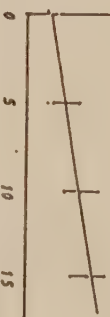


Futter: Trouvit

$$L = 0,1501 \cdot t + 6,1344$$

$$r = 0,6433$$

$$n = 82$$

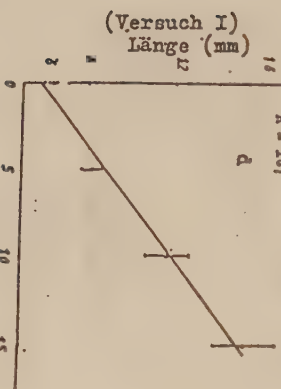


Futter: Artemia

$$L = 0,6193 \cdot t + 5,5028$$

$$r = 0,9407$$

$$n = 161$$

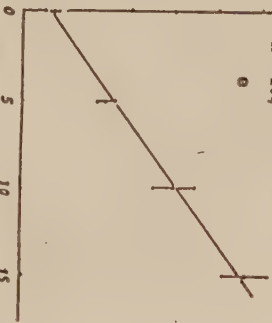


Futter: Brachionus

$$L = 0,6229 \cdot t + 5,9553$$

$$r = 0,9683$$

$$n = 164$$



Futter: Trouvit

$$L = 0,1819 \cdot t + 6,2311$$

$$r = 0,6621$$

$$n = 57$$

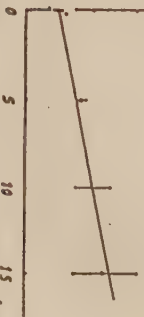
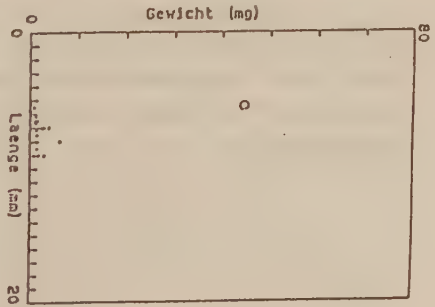
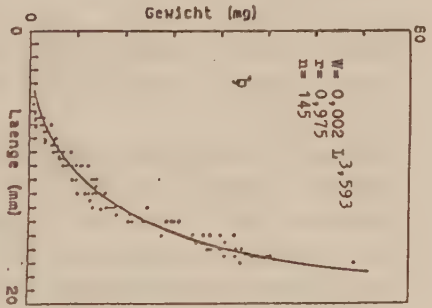
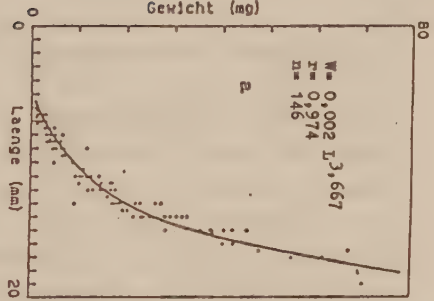


Abb. 12: Längenzunahme der Versuchsfische in Abhängigkeit von Futterart und Zeit

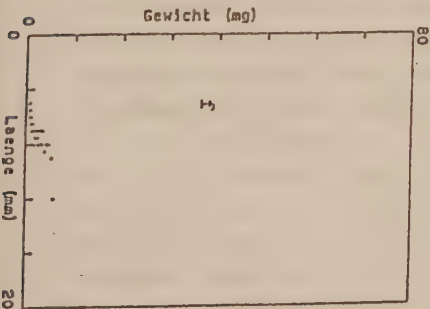
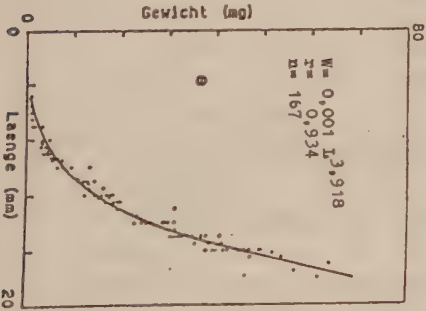
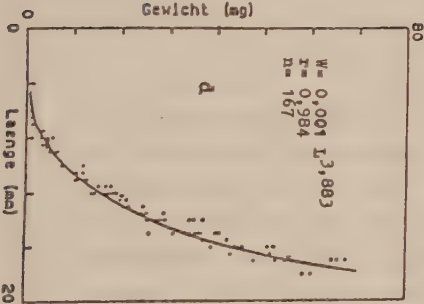
Abbildung 13: Beziehungen zwischen Länge und Maßgewicht der Versuchsfische bei verschiedenen Fütterungsverhältnissen.

Fütter:
a,d= Artemia salina
b,e= B. calyciflorus
c,f= Frouvilt

I. Versuche



II. Versuche



der Zeit läßt sich durch die Regressionslinie der Form

Versuch I : $K_t = 0,048t + 0,477$; mit $r = 0,970$; $n = 146$

Versuch II : $K_t = 0,046t + 0,477$; mit $r = 0,981$; $n = 167$

beschreiben, wobei K_t = Korpulenzfaktor zur Zeit t

(t = Dauer der gewählten Zeitintervalle: 5, 10, bzw. 15 Tage)

1.2. Fütterung mit Brachionus

Wie bei der Artemia-Fütterung nahm das durchschnittliche Gewicht der Fische während der Versuchszeit exponentiell zu (Abb. 8b und 9b) und betrug am Ende des Versuches $38,8 \pm 8,6$ mg (Versuch I) bzw. $38,9 \pm 9,9$ mg (Versuch II). Das entspricht dem 30-fachen des Ausgangsgewichtes. Die Beziehungen zwischen Zeit und Gewichtszunahme ergeben eine Regressionslinie der Form:

Versuch I : $W_t = 1,355 e^{0,230t}$; mit $r = 0,968$; $n = 145$

Versuch II : $W_t = 1,371 e^{0,231t}$; mit $r = 0,978$; $n = 167$

Vergleicht man die Ergebnisse der Fütterung zwischen Brachionus und Artemia, so sieht man, daß das durchschnittliche Naßgewicht der Fische nach 5-tägiger Fütterung in Versuch I nicht signifikant unterschiedlich war. Es war jedoch signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$) bei Versuch II. Dabei war das durchschnittliche Naßgewicht bei der Brachionusfütterung größer als bei der Artemiafütterung (Tab. 7 und 8). Nach 10- bzw. 15-tägiger Fütterung zeigten sich aber in beiden Versuchen keine unterschiedlichen Werte des durchschnittlichen Naßgewichtes der Fische zwischen Artemia und Brachionusfütterung (Tab. 8).

Tabelle 8: T-Test für die durchschnittlichen Naßgewichte
Länge und Korpulenzfaktor der jungen Karpfen bei
verschiedenen Futtermitteln

Fütte- rungs zeit bzw. Fischalter* (Tage)	Futter mittel	Prüfgrößen				
			FG	Länge	Gewicht	K-faktor
5	Ar><Br	I	95	1,102 (ns)	1,367 (ns)	0,278 (ns)
		II	97	5,786 (s)	2,646 (s)	3,121 (s)
10	Ar><Br	I	78	1,059 (ns)	1,002 (ns)	0,519 (ns)
		II	78	0,220 (ns)	0,220 (ns)	1,610 (ns)
15	Ar><Br	I	62	0,745 (ns)	0,697 (ns)	2,395 (ns)
		II	90	0,218	0,800	0,863

FG = Freiheitsgrade

ns = nicht signifikant unterschiedlich

s = signifikant unterschiedlich (Niveau $p < 0,05$)

Ar = Artemia

Br = Brachionus

* = nach Aufzehrung des Dotters

Mit einem durchschnittlichen Futterquotienten von jeweils $0,35 \pm 0,10$ (Versuch I) bzw. $0,34 \pm 0,02$ (Versuch II) konnte eine durchschnittliche Zuwachsrate von jeweils $22,17 \pm 3,11$ % pro Tag (Versuch I) bzw. $22,63 \pm 4,6$ % pro Tag (Versuch II) festgestellt werden. Die Futterquotienten und die spezifische Zuwachsrate für die einzelnen Fütterungsperioden sind in Tab. 6 und 7 zusammengestellt. Während der gesamten Versuchszeit waren die einzelnen Fische stark auseinandergewachsen. Bei Beendigung des Versuches erreichten die größten Fische bis zu 68,3 mg (Versuch I) bzw. 63,9 mg (Versuch II), während die kleinsten Fische nur 24,2 mg (Versuch I) bzw. 22,7 mg (Versuch II) wogen (vgl. Abb. 15 und 16).

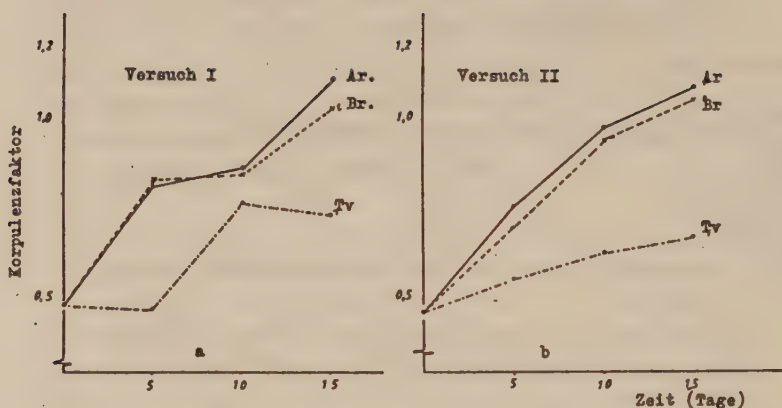


Abb. 14: Die Entwicklung der Korpulenzfaktoren der Versuchsfische bei verschiedenen Futterarten (Ar = Artemia; Br = Brachionus und Tv = Trouvit)

Mit der Steigung von jeweils 0,667 (Versuch I) bzw. 0,623 (Versuch II) nahm die durchschnittliche Länge der Fische etwa linear zu (Abb. 12b und 12e), und betrug am Ende des Versuches $15,4 \pm 2,0$ mm (Versuch I) bzw. $15,3 \pm 1,0$ mm (Versuch II). Die Zunahme der Fischlänge während der Versuchszeit folgt einer Regressionslinie der Form:

Versuch I : $L_t = 0,667 t + 5,387$; mit $r = 0,940$; $n = 145$

Versuch II : $L_t = 0,229 t + 5,935$; mit $r = 0,968$; $n = 167$

Hinsichtlich der Fischlänge sind keine signifikanten Unterschiede zwischen Brachionus- und Artemiafütterung vorhanden (Versuch I). Versuch II zeigte lediglich einen signifikanten Unterschied in der Fischlänge nach 5-tägiger Fütterung. Dabei war die durchschnittliche Fischlänge bei der Brachionusfütterung größer als bei der Artemiafütterung ($P < 0,05$, Tab. 7 und 8). Wie oben beschrieben, ist trotz stark variierender durchschnittlicher Naßgewichte während der gesamten Versuchs-

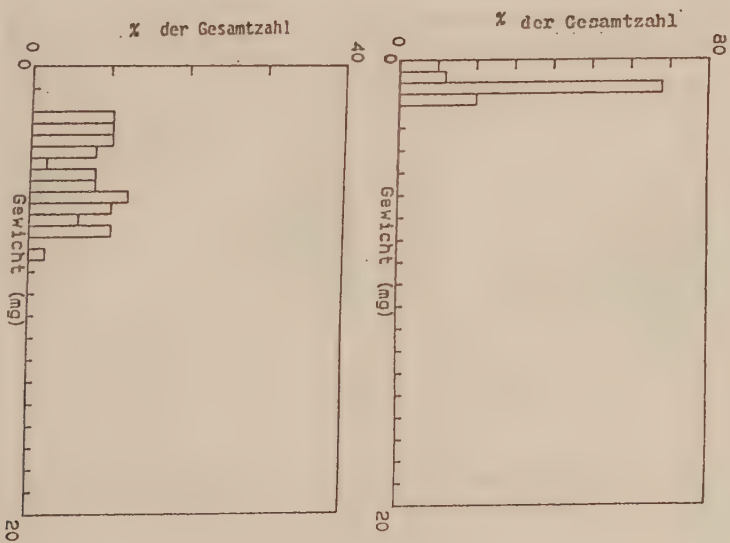
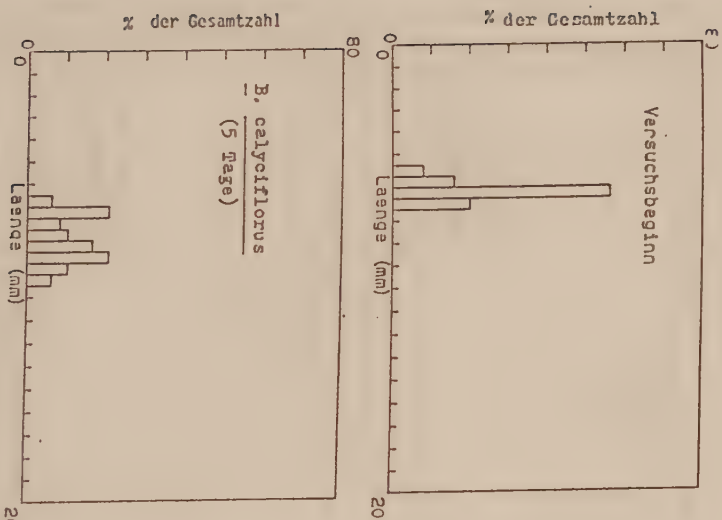
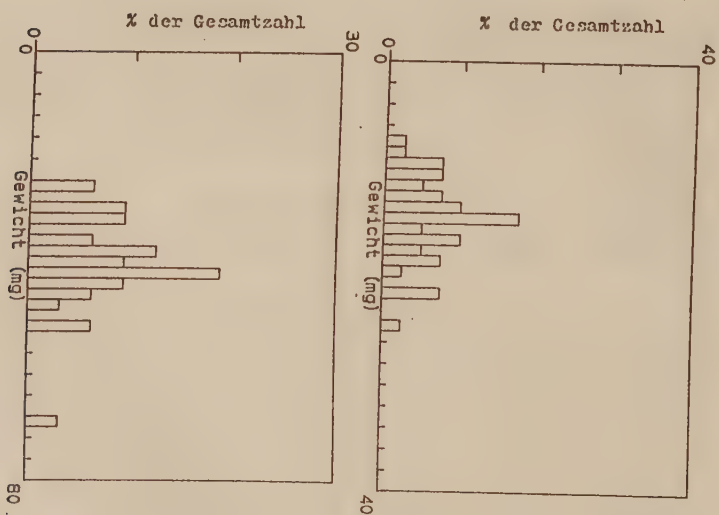
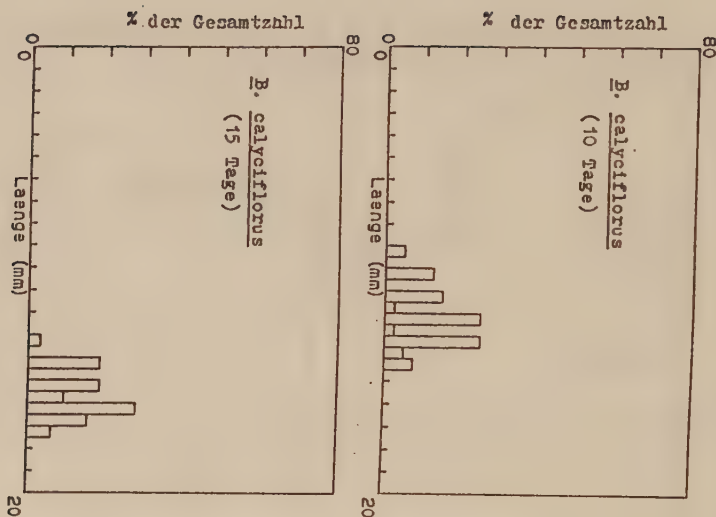


Abb. 15: Gewichts- und Längenverteilungen der Versuchsfische bei der Brachionus-Fütterung (Versuch 1)

Abb. 15. Forts.



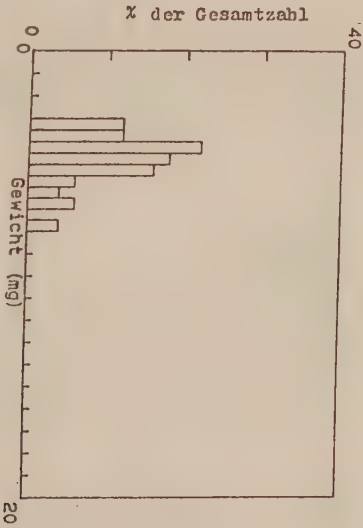
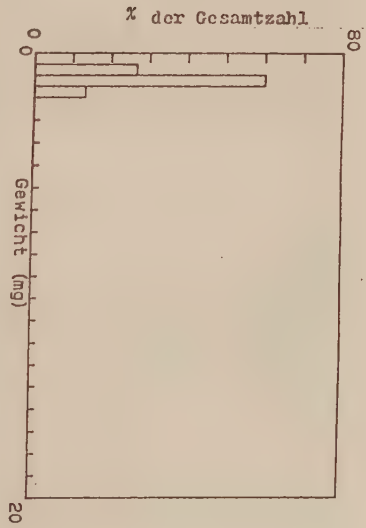
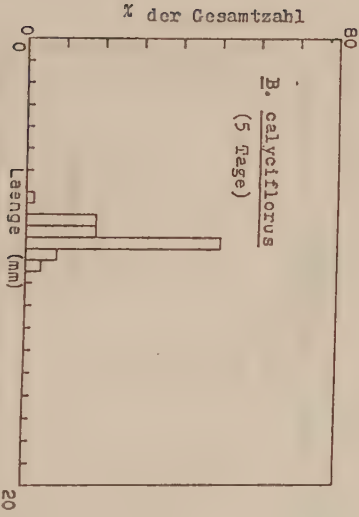
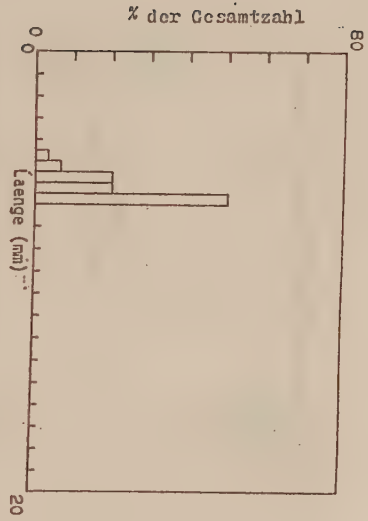
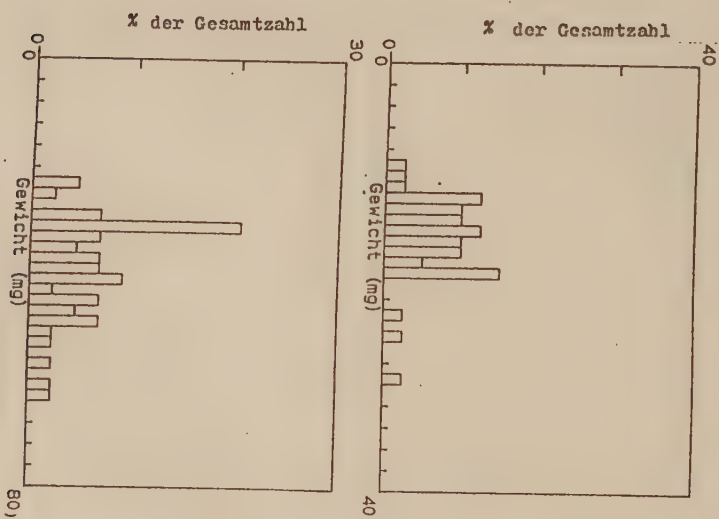
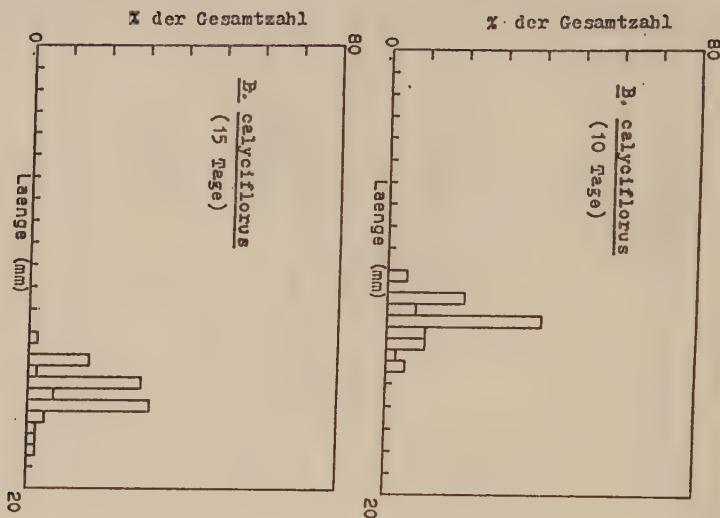


Abb.: 16: Gewichts- und Längenverteilung der Versuchsfische
 bei der Brachionus-Fütterung (Versuch II)

- Abb. 16. Forts.



zeit das Verhältnis zwischen Naßgewicht und Länge annähernd konstant (Abb. 13b und 13e). Diese Beziehungen lassen sich durch folgende Gleichungen beschreiben:

Versuch I : $W = 0,002L^{3,593}$; mit $r = 0,975$; $n = 145$

Versuch II : $W = 0,001L^{3,918}$; mit $r = 0,934$; $n = 167$

Die durchschnittlichen Korpulenzfaktoren nahmen während der Versuchzeit linear zu (Abb. 14a und 14b). Diese Beziehung läßt sich in die folgende Form bringen:

Versuch I: $K_t = 0,042 t + 0,505$; mit $r = 0,734$; $n = 145$

Versuch II: $K_t = 0,045 t + 0,450$; mit $r = 0,892$; $n = 167$

Nach der 5-tägigen und 10-tägigen Fütterung im Versuch I weist der durchschnittliche Korpulenzfaktor (K-faktor) der Fische keinen signifikanten Unterschied zwischen Brachionus- und Artemiafütterung auf. Jedoch war der durchschnittliche K-faktor der Fische nach 15-tägiger Fütterung mit Brachionus kleiner als im Falle der Fütterung mit Artemia ($p < 0,05$ Tab. 8). In Versuch II zeigte sich ein signifikanter Unterschied der K-Faktoren zwischen Brachionus- und Artemiafütterung nur bei der 5-tägigen Fütterung. Nach weiterer 5- bzw. 10-tägiger Fütterung blieb der K-faktor der Fische bei beiden Futtermitteln gleich (Tab. 8).

1.3. Fütterung mit Trouvit

Bei Fütterung mit Trouvit wurde vom verabreichten Futter nur ein geringer Anteil aufgenommen. Die Gewichtszunahme der Fische erfolgte daher auffällig langsam und kann durch folgende Geradengleichungen beschrieben werden

Versuch I : $W_t = 0,230 t + 0,642$; mit $r = 0,757$; $n = 82$

Versuch II : $W_t = 0,210 t + 1,099$; mit $r = 0,834$; $n = 67$

(vgl. Abb. 8c und 9c).

Da der Futterquotient nur mit Hilfe des verabreichten, nicht aber des aufgenommenen Futters ermittelt werden konnte, ergaben sich für den Futterquotienten zu hohe Werte. Bei Versuch I lag der Futterquotient bei 1,17 bis 33,09 und bei Versuch II bei 3,32 bis 27,03. Die tägliche Zuwachsrates lag nur bei 1,23 bis 17,98 % (Versuch I) bzw. bei 1,69 bis 11,66 % (Versuch II).

Während der gesamten Versuchszeiten blieben die Fische im Vergleich mit Artemia- und Brachionusfütterung deutlich kleiner und sehr mager (Tab. 6 und 7, Abb. 8 und 9). Am Ende des Versuches wogen die Fische nur zwischen 1,3 - 6,8 mg (Versuch I) bzw. zwischen 1,4 - 5,8 mg (Versuch II). Die Verteilung der Fischgewichte und Fischlänge innerhalb der Versuchsgruppen und Versuchsperioden ist in Abb. 17 und 18 zu erkennen. Die Länge der Fische hat zwar signifikant zugenommen, aber mit nur sehr geringer Steigung von jeweils 0,150 (Versuch I) bzw. 0,184 (Versuch II). Die Beziehung zwischen Zeit und Länge der Fische ist durch folgende Regressionsgeraden zu beschreiben.

Versuch I : $L_t = 0,150 t + 6,133$; mit $r = 0,649$; $n = 82$

Versuch II : $L_t = 0,184 t + 6,251$; mit $r = 0,622$; $n = 67$

Die Verhältnisse zwischen Gewichtszunahme und Längenzunahme waren nicht konstant (Abb. 13c u. f).

Der Korpulenzfaktor der Versuchsfische zeigt einen linearen Anstieg, wobei die Steigung nur 0,030 (Versuch I) bzw. 0,028 (Versuch II) betrug (vgl. Abb. 14a und 14b). Die Beziehung zwischen Zeit und Korpulenzfaktor läßt sich durch folgende Regressionslinie darstellen:

Versuch I : $K_t = 0,030 t + 0,361$; mit $r = 0,615$; $n = 82$

Versuch II : $K_t = 0,028 t + 0,419$; mit $r = 0,572$; $n = 67$

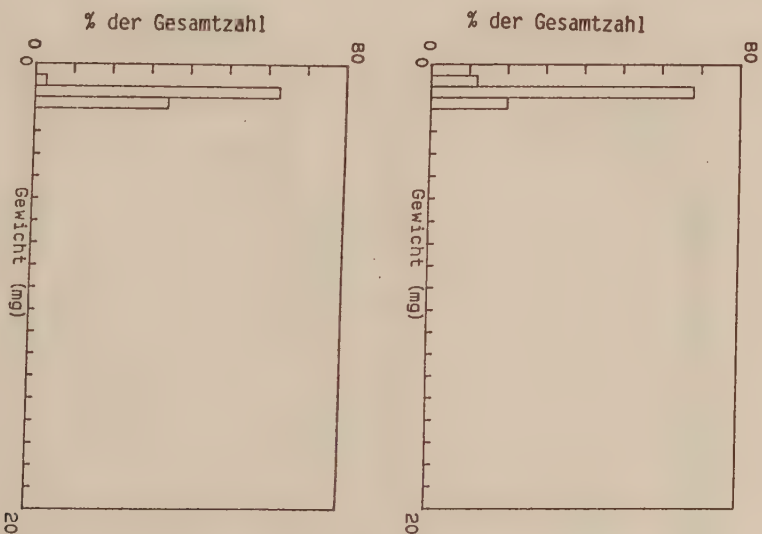
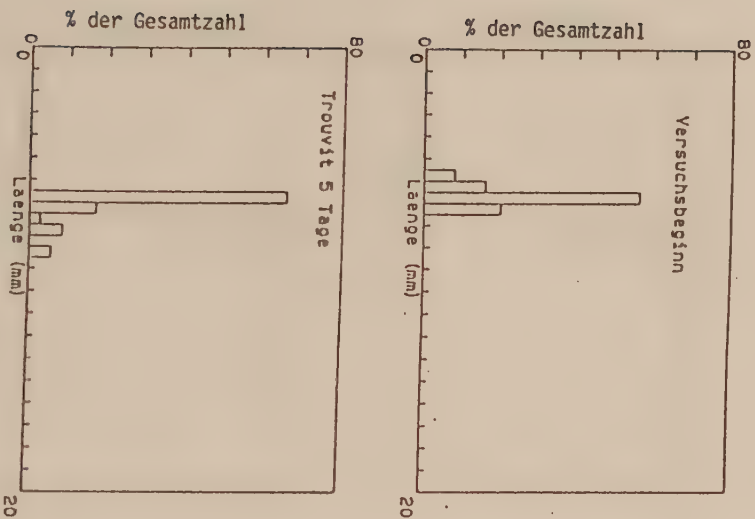
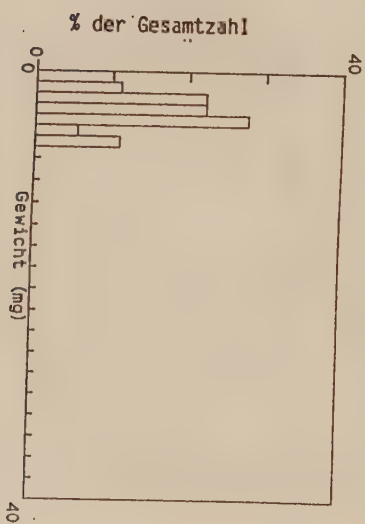
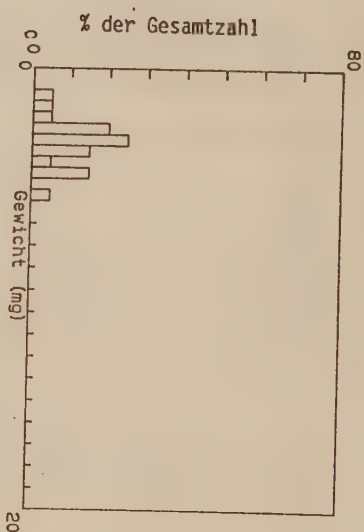
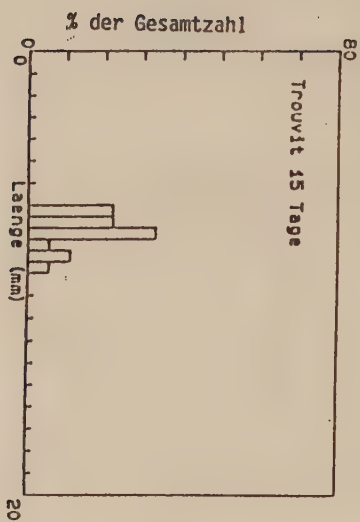
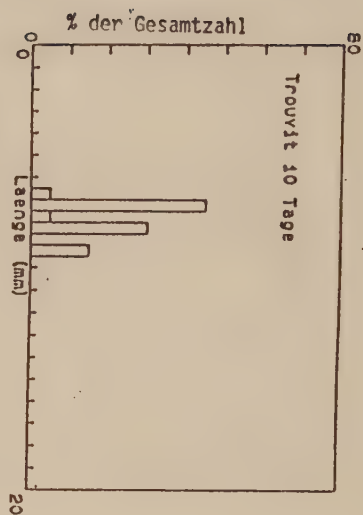


Abb. 17: Gewicht- und Längenverteilung der Versuchsfische bei der Trouvit-Fütterung (Versuch I)

Abb. 17. Forts.



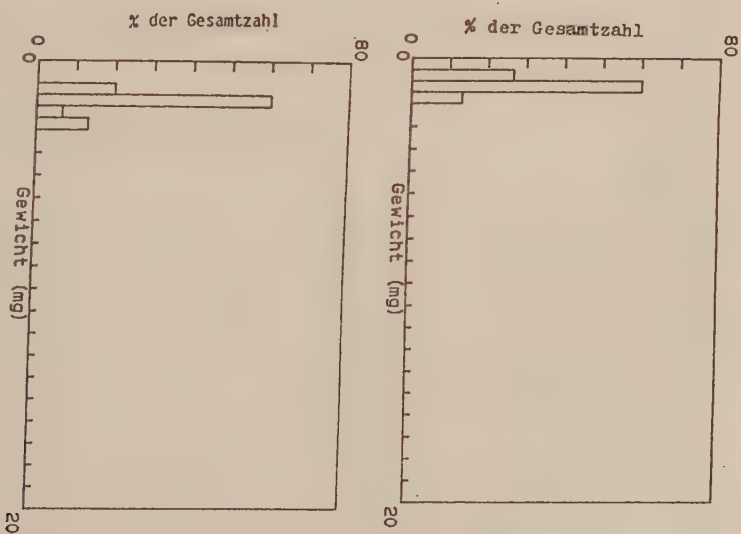
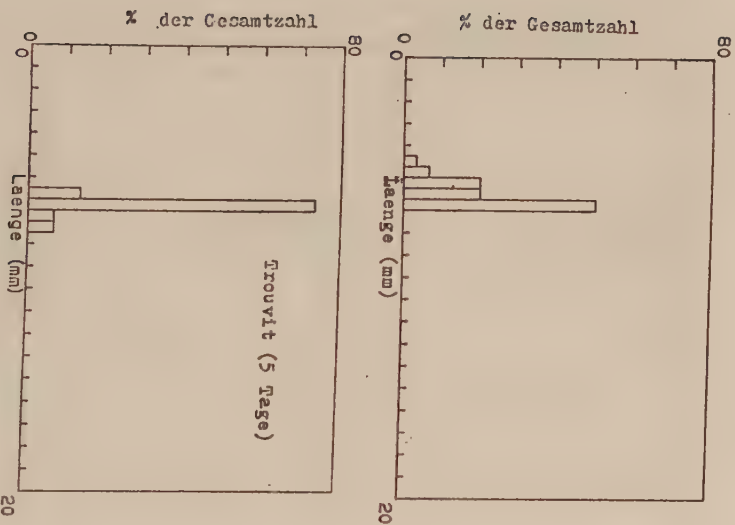
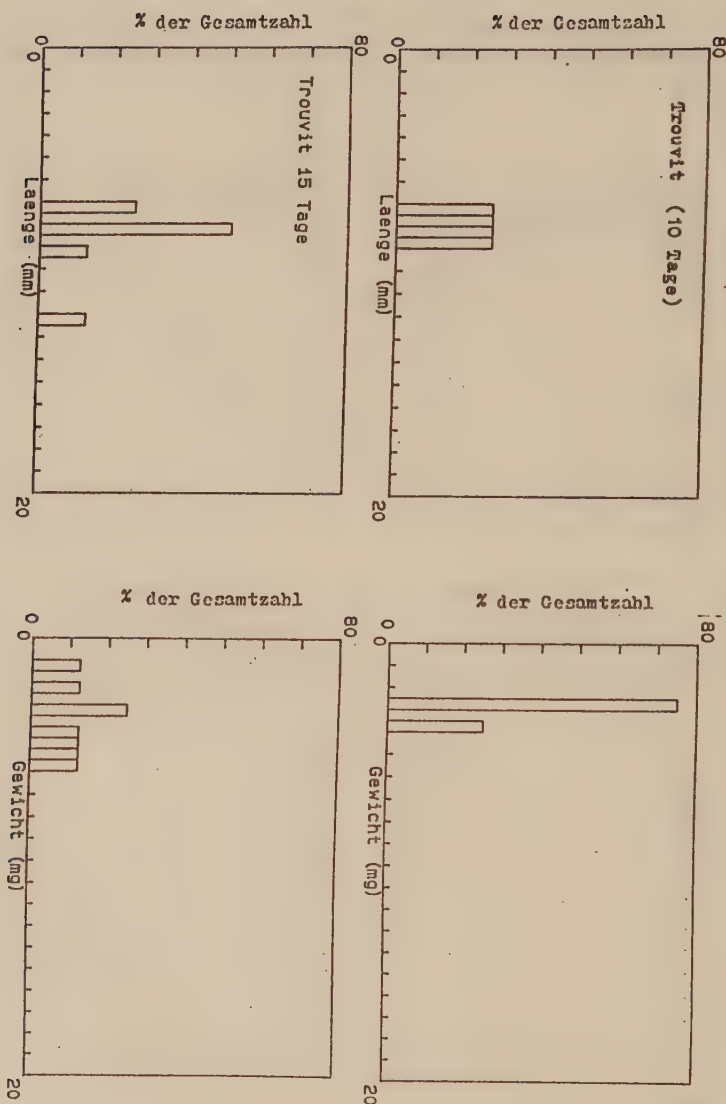


Abb. 18: Gewichts- und Längenverteilung der Versuchsfische bei der Trouwilt-Filterung (Versuch II)

Abb. 18. Forts.



1.4. Mortalität

Während der gesamten Versuchszeiten sind keine Krankheiten oder Parasitosen bei der Aquarienhaltung beobachtet worden. Die hier aufgetretene Mortalität sollte daher auf die Ernährung zurückgeführt werden können. Bei der Fütterung mit Lebendfutter (*Artemia* bzw. *Brachionus*) war die Mortalität gering. Bei der Fütterung mit *Artemia* (Versuch I und II) lag die Mortalität nach 5-tägiger Fütterungsperiode bei ca. 2% und nach 10-tägiger Fütterungsperiode war sie nur noch bei ca. 1 %. Danach starben bis zum Ende des Versuches (15 Tage) keine Tiere mehr. Bei der Fütterung mit *Brachionus* (Versuch I und II) starben die Fische nur bis zum Alter von 5 Tagen. Dabei betrug die Mortalität nur weniger als 4 %. Bei der Fütterung mit Trouvit waren bereits nach 5 Tagen Verluste von 26 % (Versuch I) bzw. ca. 67 % (Versuch II) nachweisbar. Bis zum Ende des Versuches stiegen sie noch weiter an und lagen bei ca. 82 % (Versuch I) bzw. ca. 79 % (Versuch II) der zu Beginn dieser Zeitspanne vorhandenen Tiere.

Die tägliche Mortalität bzw. Überlebensrate ist in Tab. 9 und Abb. 19 zu erkennen.

2. Versuche zur Umstellung des Futters

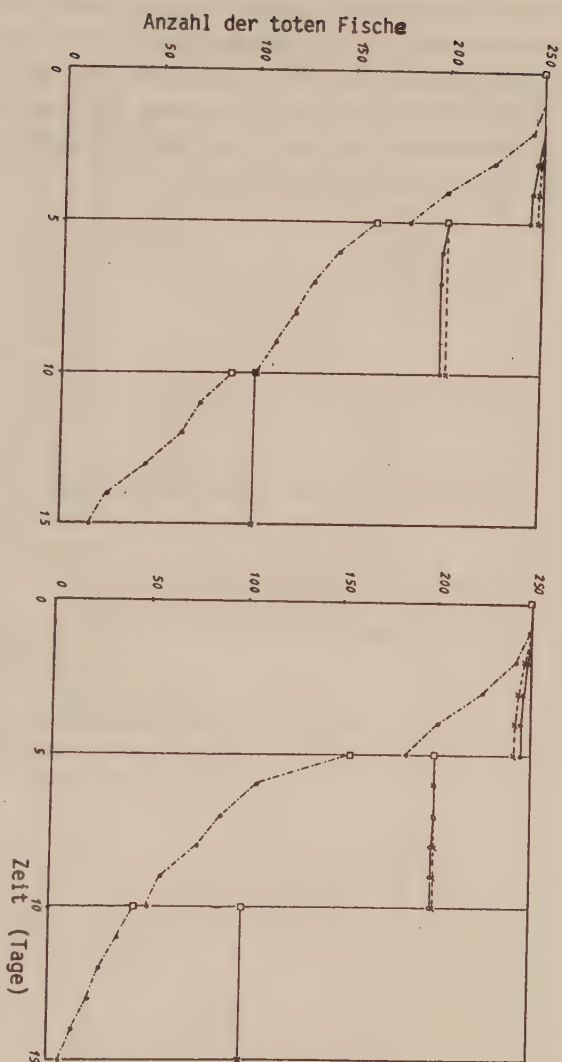
Nach 10-tägiger Anfütterung mit *Artemia* bzw. *Brachionus* erreichten die Brütlinge ein Stückgewicht von rund 16 mg. Bei dieser Größe konnten die Fische weiter mit Trouvit gehalten werden. Das verabreichte Trouvit wurde während 24 Stunden völlig gefressen. Nach der anschließenden 5-tägigen Fütterung mit Trouvit erreichten die Fische das durchschnittliche Stückgewicht von rund 26 mg. Die bis zum 15. Tag weiter mit *Artemia* bzw. *Brachionus* gefütterten Fische (Kontrollgruppe) erreichten im Durchschnitt ca. 40 mg/Individuum. Die spezifische Zuwachsrate nach erfolgter Futterumstellung betrug rund 9 % pro Tag, was gegenüber der der Kontrollgruppen, die ca. 20 %

Tabelle 9: Tägliche Verlustentwicklung der Karpfenbrut in Abhängigkeit von der Futterqualität (Angabe der durchschnittlichen Anzahl der toten Fische von zwei Parallelen)

Fütterungs- tag	Versuch I			Versuch II		
	Ar	Br	Tv	Ar	Br	Tv
n ₀	250	250	250	250	250	250
1	0	0	0	0	0	0
2	0	0	9	2	3	7
3	3	1	22	2	2,5	16,5
4	2,5	0,5	23	1	2	23,5
5	0	0	20	0	0	16,5
n _t Verluste	244,5 2,2%	248,5 0,6%	180 28,0%	245 2%	241,5 3,8%	185,5 25,8%
n ₀	200	200	180	200	200	155
6	2	0	19,5	0	0	48
7	0,5	0	13	0	0	18,5
8	0	0	10,5	0,5	0	11
9	0	0	10	0	0	19,5
10	0	0	11	0	0	7,5
n _t Verluste	197,5 1,3%	200 0%	99 39,3%	199,5 0,3%	200 0%	50,5 67,4%
n ₀	100	100	89	100	100	43,5
11	0	0	16,5	0	0	7,5
12	0	0	9	0	0	8,5
13	0	0	19	0	0	5,5
14	0	0	18,5	0	0	8,5
15	0	0	10	0	0	7,5
n _t Verluste	100 0%	100 0%	16 82,0%	100 0%	100 0%	9 79,3%

n₀ , n_t = Anzahl der lebenden Fische zu Versuchsbeginn und Versuchsende

Ar, Br, Tv = Artemia, Brachionus und Trouvit



pro Tag betrug, signifikant kleiner ist ($p < 0,05$). Der Korpulenzfaktor nach erfolgter Futterumstellung war gegenüber dem der Kontrollgruppen nicht signifikant verschieden (Tab. 10). Keine signifikanten Unterschiede zeigten auch das durchschnittliche Gewicht, die spezifische Zuwachsrate und der Korpulenzfaktor zwischen den Brütlingen, die bis zum Alter von 10 Tagen mit *Brachionus* oder mit *Artemia* gefüttert worden waren und anschließend bis zum Alter von 15 Tagen mit *Trouvit* gefüttert wurden (Tab. 10).

Tabelle 10: Länge, Gewicht, Spezifische Zuwachsrate sowie Konditionsfaktor bei der Futterumstellung

	Ar ₁₅	Br ₁₅	Ar ₁₀ -Tv ₅	Br ₁₀ -Tv ₅
$\bar{L}_0$ (cm)	1,21 $\pm$ 0,15	1,19 $\pm$ 0,13	1,19 $\pm$ 0,15	1,20 $\pm$ 0,20
G_0 (mg)	15,72 $\pm$ 5,56	16,64 $\pm$ 3,91	16,34 $\pm$ 4,31	16,57 $\pm$ 3,61
L_t (cm)	1,51 $\pm$ 0,20	1,54 $\pm$ 0,10	1,34 $\pm$ 0,12	1,33 $\pm$ 0,10
G_t (mg)	41,47 $\pm$ 19,55	38,84 $\pm$ 8,60	26,83 $\pm$ 7,80	25,55 $\pm$ 3,82
SzR	19,60 $\pm$ 0,18	19,49 $\pm$ 1,02	8,97 $\pm$ 0,10	9,17 $\pm$ 2,71
KF	1,12 $\pm$ 0,14	1,04 $\pm$ 0,13	1,07 $\pm$ 0,19	1,08 $\pm$ 0,10
n bei L_t und G_t	32	32	29	30

L_0 , G_0 : Länge und Gewicht nach 10-tägiger Fütterung mit Artemia bzw. Brachionus

L_t , G_t : Länge und Gewicht nach weiterer 5-tägiger Fütterung mit Artemia, Brachionus bzw. Trouvit

Ar, Br₁₀ - Tv5: 10-tägige Anfütterung und anschließend 5-tägige Fütterung mit Trouvit 00

Ar, Br₁₅: Anfütterung mit Artemia bzw. Brachionus vom 1. bis 15. Freßtag

SzR : Spezifische Zuwachsrate

KF : Konditionsfaktor

n : Anzahl der Fische

3. Die Futterverdaulichkeit

3.1. Wachstumsversuche

Da bei Fütterung mit Trockenfutter nur ein geringer Anteil des Futters aufgenommen wurde, führte dies auch zu sehr geringen Faecesausscheidungen. Es war schwierig die Faeces von Futterresten zu trennen. Deshalb konnte die Analyse des Aschegehalts bzw. der organischen Substanz der Faeces nicht durchgeführt werden.

In Tabelle 11 sind die relativen Anteile der organischen Substanz verschiedener Futterqualitäten und des Fischkotes dargestellt. Bei der Fütterung mit *Artemia* bzw. *Brachionus* zeigt sich, daß die organische Substanz der Faeces im Vergleich zum Futter erheblich geringer ist ($p < 0,05$, Tab. 12).

Während der 15-tägigen Wachstumsversuche zeigte die Verdaulichkeit bei der Fütterung mit *Artemia* mit zunehmendem Fischalter (5, 10 und 15 Tage) bzw. Fischgröße keinen signifikant unterschiedlichen Wert. Er lag zwischen 79,6 % und 85,5 %. Bei der Fütterung mit *Brachionus* zeigte die Verdaulichkeit einen maximalen Wert von ca. 90 % nach 5 Tagen. Dieser Wert nahm mit zunehmendem Fischalter bzw. Fischgröße allmählich ab und erreichte nach 15 Tagen einen Wert von ca. 81 %. Diese Abnahme war signifikant bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % (Tab. 12).

In den Wachstumsversuchen stellte sich heraus, daß die Verdaulichkeit nach den ersten 5 Tagen bei Fütterung mit *Brachionus* deutlich höher lag als bei Fütterung mit *Artemia* ($p < 0,05$, Tab. 12). Nach 10 bzw. 15 Tagen zeigte sich aber kein signifikanter Unterschied der Verdaulichkeit zwischen den beiden Futtermitteln (Tab. 12).

Tabelle 11: Mittelwert der organischen Substanz (in % des Trockengewichts $\pm$ Stand. Abw.)
in Futter und Faeces sowie die Verdaulichkeit (Conover 1966) bei verschiedenen
Konditionen bzw. Futterqualitäten

Konditionen bzw: Futterqualitäten	n	Totale organische Substanz im Fütter		Faeces	Verdaulichkeit (%)
1. Wachstumsversuche					
a) A (1.-5.) B (1.-5.)	10 10	89,5 95,6	$\pm 1,8$ $\pm 1,3$	58,4 67,6	$\pm 5,7$ $\pm 6,1$
b) A (6.-10.) B (6.-10.)	10 10	89,5 95,6	$\pm 1,8$ $\pm 1,3$	55,3 73,3	$\pm 5,5$ $\pm 7,5$
c) A (11.-15.) B (11.-15.)	10 10	89,5 95,6	$\pm 1,8$ $\pm 1,3$	61,7 73,5	$\pm 7,5$ $\pm 11,6$
2. Umstellung des Futters					
a) A (1.-10.) anschließend T (11.-15.)	10	91,4	$\pm 1,3$	65,1	$\pm 6,2$
b) B (1.-10.) anschließend T (11.-15.)	10	91,4	$\pm 1,3$	67,4	$\pm 3,6$
3. Nach Hunger-Kondition					
a) A (1.-15.) - H (16.-22.) anschließend A (23.-27.) T (23.-27.)	8 8	89,5 91,4	$\pm 1,8$ $\pm 1,3$	66,1 56,7	$\pm 6,1$ $\pm 4,5$
b) B (1.-15.) - H (16.-22.) anschließend B (23.-27.) T (23.-27.)	8 8	95,6 91,4	$\pm 1,8$ $\pm 1,3$	68,2 63,1	$\pm 9,1$ $\pm 6,1$

wobei: A, B, T bzw. H (x. - n.) Fütterung mit Artemien, Brachionus, Icthyot-00 bzw. Hunger von x. bis n. Tag
bedeuten.

- n=Anzahl der Proben

Tabelle 12 : T-test für die organische Substanz des Futters und Faeces sowie die Verdaulichkeit verschiedener Futterqualitäten bei Karpfenlarven

Behandlung	t	FG	
<u>1. Organische Substanz</u>			
<u>1.1. Fütterung mit Artemien:</u>			
a) Futter >< Fc. A _(1.-5.)	16,00	16	s
b) " >< Fc. A _(6.-10.)	18,29	18	s
c) " >< Fc. A _(11.-15.)	11,18	18	s
<u>1.2. Fütterung mit Brachionus:</u>			
a) Futter >< Fc. B _(1.-5.)	14,04	18	s
b) " >< Fc. B _(6.-10.)	9,18	18	s
c) " >< Fc. B _(11.-15.)	5,13	18	s
<u>1.3. Fütterung mit Trouvit:</u>			
<u>1.3.1. Umstellung des Futters:</u>			
a) Futter >< Fc. (AT _(11.-15.))	12,85	18	s
b) " >< Fc. (BT _(11.-15.))	19,19	18	s
<u>1.3.2. Nach Hungerphase:</u>			
a) Futter >< Fc. (AHT _(23.-27.))	10,85	14	s
b) " >< Fc. (BHT _(23.-27.))	6,00	14	s
<u>2. Verdaulichkeit</u>			
<u>2.1. Wachstumsversuche:</u>			
a) A _(1.-5.) >< B _(1.-5.)	3,89	18	s
b) A _(6.-10.) >< B _(6.-10.)	0,28	18	n.s.
c) A _(11.-15.) >< B _(11.-15.)	0,47	18	n.s.
d) A _(1.-5.) >< A _(6.-10.)	1,04	18	n.s.
e) A _(1.-5.) >< A _(11.-15.)	1,29	18	n.s.
f) A _(6.-10.) >< A _(11.-15.)	1,94	18	n.s.
g) B _(1.-5.) >< B _(6.-10.)	1,85	18	n.s.
h) B _(1.-5.) >< B _(11.-15.)	2,81	18	s
i) B _(6.-10.) >< B _(11.-15.)	1,28	18	n.s.
<u>2.2. Umstellung des Futters:</u>			
a) (AT _(11.-15.)) >< BT _(11.-15.)	0,63	18	n.s.
b) " >< A _(11.-15.)	0,55	18	n.s.
c) " >< B _(11.-15.)	0,07	18	n.s.
d) (BT _(11.-15.)) >< A _(11.-15.)	0,19	18	n.s.
e) " >< B _(11.-15.)	0,52	18	n.s.
<u>2.3. Nach Hungerphase:</u>			
a) (AHA _(23.-27.)) >< (AHT _(23.-27.))	4,52	14	s
b) (BHB _(23.-27.)) >< (BHT _(23.-27.))	2,71	14	s
c) (BHB _(23.-27.)) >< (BMA _(23.-27.))	4,68	14	s

t = Prüfgröße, FG = Freiheitsgröße, s = Signifikant unterschiedlich ($p < 0,05$), n.s. = Nicht signifikant unterschiedlich, Fc = Faeces, A = Artemia, B = Brachionus, H = Hunger, AHA u. BHB = Artemia-/Brachionusfütterung-Hungerphase-Artemia-/Brachionusfütterung

3.2. Futterumstellung

Bei der Futterumstellung konnte die Futtermittelveirdaulichkeit erst ermittelt werden, nachdem die Fische bereits 10 Tage lang mit Brachionuns bzw. Artemia aufgezogen (bei Stüekgeweicht von ca. 16 mg) und dann erst mit Trouvit gefüttert worden waren.

Wie in Tabelle 11 bzw. Tabelle 12 zu erkennen ist, hatte die vorangegangene Fütterung mit Artemia oder Brachionus keinen signifikanten Einfluß auf die Verdaulichkeit von Trockenfutter ($p < 0,05$). Die Verdaulichkeit beträgt $81,5 \pm 5,8 \%$ bzw. $80,1 \pm 31,3 \%$. Diese Werte unterscheiden sich nicht von den Verdaulichkeitswerten der Artemia- bzw. Brachionusfütterung (Kontrollgruppen)(Tab. 12).

3.3. Hungerversuche

Nach einer 7-tägigen Hungerphase anschließend an die 15-tägige Lebendfütterung konnten die Fische sowohl Lebendfutter als auch Trockenfutter aufnehmen. Auch hier wurde das verabreichte Trouvit bzw. Artemia während 24 Stunden vollständig gefressen. Dagegen zeigen sich bei der Brachionusfütterung noch einige Futterreste, was unter dem Binokular bei der Abtrennung des Fischkotes zu erkennen war. Die Verdaulichkeiten verschiedener Futtermittel sind in Tabelle 11 dargestellt (Vgl. Tab. 12).

4. Cytologische Befunde

In Semidünnschnitten zeigen die Leberzellen der jungen Karpfen ein charakteristisches Parenchym. Die Hepatocyten bilden Stränge, die sich um Sinusoide anordnen (Abb. 20). Die meisten Leberzellen haben eine unregelmäßige polygonale Form. In der Mitte oder leicht exzentrisch liegt der Kern, der von einer dicken Membran umhüllt wird. In der Kernmitte sind ein oder zwei Nukleoli zu beobachten. Die Nukleoli färben sich mit

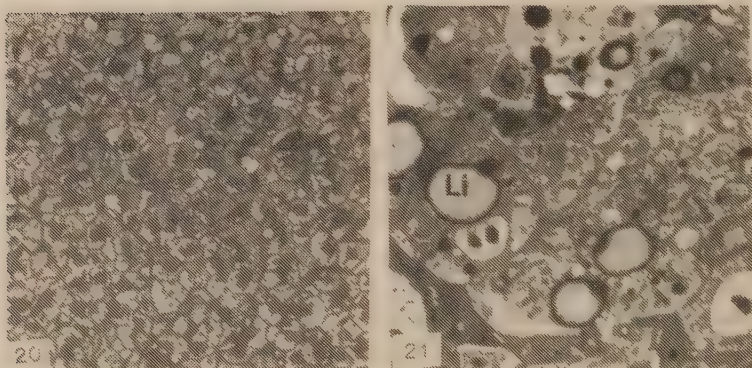


Abb. 20: Leberzellen im Überblick, Semidünnschnitt. Die Mitochondrien sind als kugelförmiges Material um den Kern konzentriert.

Vergr. 370 x

Abb. 21: Fetteinschlüsse in den Leberzellen stellen sich als rundliches, homogenes Material dar (Li).

Vergr. 1480

Toluidinblau gegenüber dem Chromatinmaterial des Kernes, das nur spärlich anfärbt, sehr intensiv an. Das Zytoplasma färbt sich unregelmäßig an. Unter dem Lichtmikroskop zeigt das Zytoplasma eine helle und eine dunkle Region. Diese dunkle Region konzentriert sich um den Kern oder befindet sich in der Zytoplasmaperipherie. In der dunklen Region ist kugelförmiges oder fadenförmiges Material sichtbar (Abb. 20).

Den Fettgehalt in den Leberzellen erkennt man als rundliche homogene Einschlüsse. Sie werden oftmals von einer dicken Membran umgeben (Abb. 21). Dieses Fett färbt sich mit Toluidinblau schwarz-bläulich bis blau-gelblich an. Der Grad der Fetteinlagerung in den Leberzellen wird von den Futterqualitäten stark beeinflusst, worüber in den weiteren Abschnitten detailliert berichtet wird.

Elektronenmikroskopisch zeigt sich, daß das Zellplasma von einer einfachen Membran begrenzt wird, der Zellkern dagegen von einer Doppelmembran, die manchmal mit dem rauen endoplasmatischen Retikulum (rER) in Verbindung steht. Analog zu den lichtmikroskopischen Befunden stellen sich Nukleoli stark elektronendicht, das Heterochromatin des Kernes aber nur mäßig elektronendicht dar. Weiterhin erkennt man an der Nukleusmembran eine feine Pore, die sog. Nukleopore (Abb. 22).

Im Zytoplasma sind rER und Mitochondrien von Cristaetyp reichlich entwickelt. Die Mitochondrien liegen häufig um den Kern; vereinzelt befinden sie sich auch an der Zellperipherie oder verteilt im gesamten Zytoplasma. Sie erscheinen in einer runden oder ovalen Form. Die Zytomembran, die den Mitochondrien zugrunde liegt, besitzt eine Doppelmembran. Die Innenmembran vergrößert ihre Oberfläche durch Ausstülpungen, die sog. Cristae mitochondriales (Abb. 23). Die Matrix zeigt in Abhängigkeit vom physiologischen Zustand (Fütterungsversuche!) eine mittlere bis sehr hohe Elektronendichte. Das ER besteht aus einer doppelten röhrenförmigen Membran, auf der Ribosomen liegen (Abb. 23). Das ER tritt oft in enger Nach-

barschaft zu Mitochondrien auf oder ist vereinzelt diffus im Zytoplasma verteilt. Glattes endoplasmatisches Retikulum war bei den untersuchten Präparaten kaum zu finden.

Das Areal, das sich im Lichtmikroskop dunkel darstellt, erweist sich bei der elektronenmikroskopischen Betrachtung als Ansammlung von rER und Mitochondrien, während sich das helle Areal aus Glykogengranula zusammensetzt. (Abb. 24) Die Gallenkanälchen treten nicht nur zwischen benachbarten Hepatozyten auf, sondern entspringen oftmals dem Zytoplasma der Leberzellen. Das Lumen der Gallenkanälchen weist reichlich Mikrovilli auf (Abb. 24).

Die Wand der Sinusoide besteht aus abgeplatteten Endothelzellen und langgestreckten Kernen. Der sogenannte Disse'sche Raum trennt, wie elektronenmikroskopisch gut darstellbar ist, Endothel und Hepatozyten. Die Mikrovilli der Hepatozyten ragen in diesen perikapillären Spaltraum ein (Abb. 25).

Als qualitative Kriterien für die Wertigkeit des gefressenen Futters wurden die Reservestoffe (Glykogen und Fett) in den Leberzellen und die Entwicklung der Leberzellorganellen beschrieben. Als quantitative Kriterien wurden die Kern- bzw. Plasmagröße der Leberzellen sowie deren K-P-Relation (K-P-Relation) gemessen.

4.1. Lichtmikroskopische Befunde an den Leberzellen

4.1.1. Abhängigkeit von der Futterqualität

Als Ausgangspunkt für histologische Untersuchungen wird die Leber der Fischlarven, die noch kein Futter aufgenommen hat, untersucht. Unter dem Lichtmikroskop zeigen die Hepatozyten im Semidünnschnitt eine einfache Entwicklungsphase der Zellorganellen. Die den Zellorganellen und Reservestoffen zur Ver-

Abb. 22: Nukleoporen sind als helle Stellen an der Nukleus-
peripherie zu erkennen (↑)
Vergr.: 13900 x

Abb. 23: Die Mitochondrien werden von einer Doppelmembran
aufgebaut (Mt.) Die Innenmembran vergrößert ihre
Oberfläche durch Ausstülpungen, die sog. Cristae
mitochondriales. Um die Mitochondrien liegt endoplas-
matisches Retikulum (ER).
Vergr.: 25900 x

Abb. 24: Das Areal, das sich im Lichtmikroskop hell darstellt,
erweist sich bei der elektronenmikroskopischen Be-
trachtung als Anhäufung von Glykogengranula (Gl).
Das dunkle Areal ist eine Ansammlung von ER und
Mitochondrien (Mt). Die Gallenkanälchen (Gk) werden
oftmals im Cytoplasma angetroffen (Intrazelluläre
Gallenkanälchen).
Vergr.: 5040 x

Abb. 25: Die Wand der Sinusoide besteht aus abgeplatteten
Endothelien mit langgestreckten Kernen. Der Dis-
sè'sche Raum (D) trennt Endothel und Hepatocyten.
Vergr.: 3400 x

Die Abkürzungen bedeuten:

(n) Nukleus (n) Nukleolus, (ER) Endoplasmatisches Retikulum.
(Mt) Mitochondrien, (Gk) Gallenkanälchen, (Lg) Lysosom, (Np)
Nukleopore, (Gl) Glykogen (Li) Lipid, (Po) Peroxisom

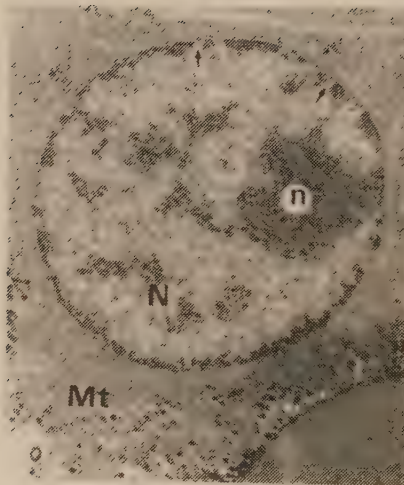


Abb. 22



Abb. 23

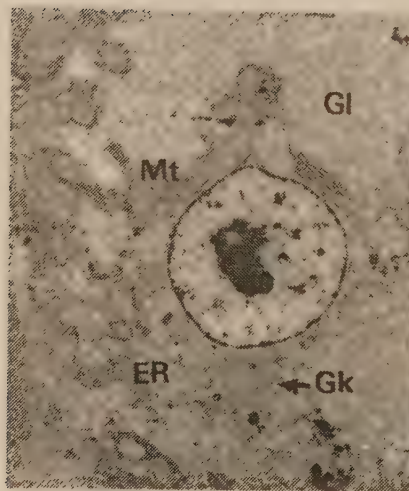


Abb. 24

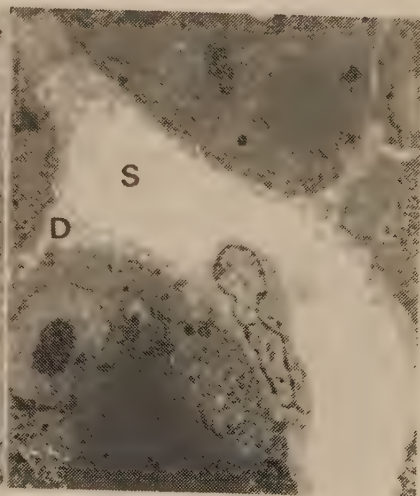


Abb. 25

fügung stehende Zytoplasmafläche ist im Vergleich zur Kernfläche sehr klein. Dies drückt sich an der K-P-Relation von nur $0,24 \pm 0,06$ aus. In den Leberzellen treten in erster Linie viele große Vakuole von Mitochondrien und fadenförmiges Material von endoplasmatischem Retikulum (ER) auf. Sie sind diffus im gesamten Zytoplasma verteilt. Eine Zuordnung von Mitochondrien und ER um den Kern ist nicht zu erkennen. Die Zellkerne färben sich mit Toluidinblau dunkel und homogen an, in der Mitte ist ein dunkel gefärbter Nukleolus deutlich zu erkennen (Abb. 26). Nach fünftägiger Fütterung mit *Artemia* bzw. *Brachionus* zeigen die Leberzellen eine fortschreitende Entwicklung. Gegenüber der Ausgangssituation färbt sich das Zytoplasma hell und dunkel an. Unter dem Elektronenmikroskop erweist sich der helle Bereich als Glykogen, während der dunkle als Ansammlung von ER und Mitochondrien zu erkennen ist (Vgl. III.4.2).

Bei der histologischen Auswertung der Leberzellen läßt sich hinsichtlich Zellorganellen-Entwicklung und der Stoffspeicherung zwischen *Artemia*- und *Brachionus*fütterung kaum ein Unterschied finden. Im Verlauf der Fütterungsperioden sind die Leberzellen bei der Fütterung mit Lebendfutter durch reichlichen Glykogengehalt charakterisiert, während eine Fetteinlagerung nicht anzutreffen ist (Abb. 27 a, b, Tab. 15). Lichtmikroskopisch erkennt man die Mitochondrien als kleine Vakuolen, die in den dunklen Arealen liegen. Bei der Fütterung mit *Artemia* bzw. *Brachionus* sind allgemein zwei Verteilungsmuster von Mitochondrien und ER zu beobachten: 1. Mitochondrien und ER ordnen sich um den Kern und breiten sich von einer oder zwei Seiten bis zur Zytoplasmaperipherie aus. Bei diesem Typ sind nur vereinzelt Mitochondrien und ER an der Plasmaperipherie anzutreffen (Abb. 27 , 28a). 2. Mitochondrien und ER sind im gesamten Zytoplasma verteilt. Sie stellen sich im Lichtmikroskop als kugel- oder fadenförmiges Material dar, das über das gesamte Zytoplasma verteilt ist. Dabei ist die Zahl der ER und der Mitochondrien deutlich geringer als bei dem ersten Typ (Abb. 28 b).

Abb. 26.: Hepatocyten von Karpfenlarven, die noch kein Futter gefressen haben. Die Mitochondrien (†) sind über das gesamte Zytoplasma verteilt.
Vergr. 1480 x

Abb. 27.: Hepatocyten von Karpfenbrut nach 5-tägiger Anfütterung mit Artemia (a) bzw. Brachionus (b). Die beiden Futterarten führen zu einer ähnlichen Entwicklung der Leberzellen. Die Mitochondrien sind gegenüber der Ausgangssituation (Abb. 28) deutlich verkleinert.
Vergr. a = 590 x b = 590 x

Abb. 28.: Hepatocyten von Karpfenbrut nach 15-tägiger Anfütterung mit Artemia:
a). ER und Mitochondrien ordnen sich häufig um den Kern. (Zell-Typ 1.).
Vergr. 590 x
b). ER und Mitochondrien liegen entweder einzeln oder über das gesamte Zytoplasma verteilt (Zell-Typ 2.) vor.
Vergr. 1480 x

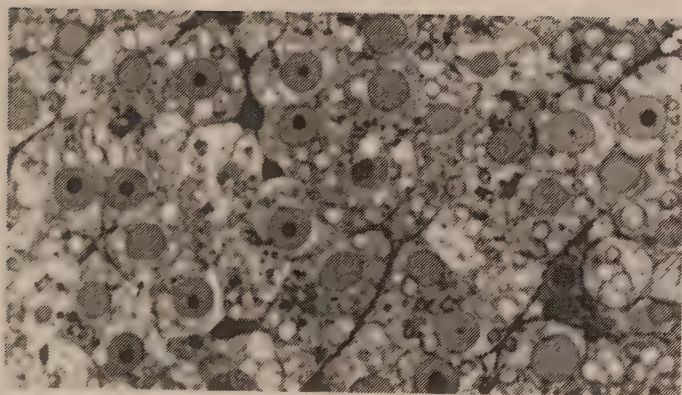


Abb. 26



Abb. 27a

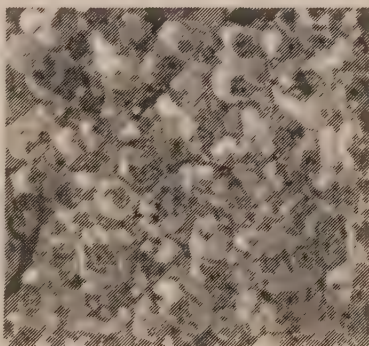


Abb. 27b

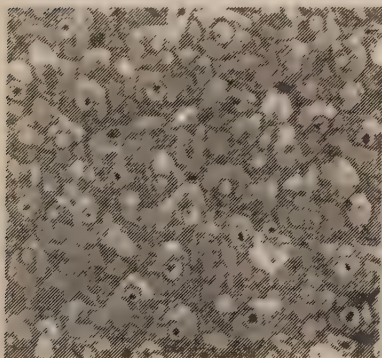


Abb. 28a

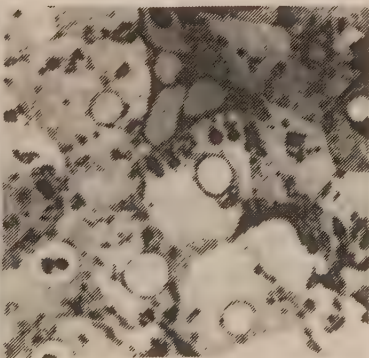


Abb. 28b

Die Zellkerne färben sich mit Toluidinblau nur spärlich an. Viele Nuklei besitzen zwei Nukleoli. Lichtmikroskopisch lassen sich zwischen Artemia- und Brachionusfütterung während der fünf-, zehn- und fünfzehntägigen Periode keine Unterschiede feststellen.

Die Fütterung mit Trouvit bewirkt eine deutlich unterschiedliche Entwicklung der Leberzelle gegenüber Lebendfutter. In erster Linie treten in den Leberzellen bei der Fütterung mit Trouvit zahlreiche kleine oder große Fetttropfen auf.

Nach 5-tägiger Fütterung zeigt sich, daß die Leberzellen angeschwollen sind. Es treten auch einige Zellen auf, in deren Zytoplasma keine Zellorganellen erkennbar sind. Bei manchen Zellen stellen sich die Zellgrenzen unscharf dar (Abb. 29). Nach 10-tägiger Fütterung treten bereits mehrere Zellen auf, in denen keine Zellorganellen erkennbar sind. Mit Toluidinblau lassen sich Bereiche im Zytoplasma nachweisen, die sich unterschiedlich hell und dunkel darstellen. In diesen Zellen sind gelegentlich kleinere Fetttropfen und runde homogene stark elektronendichte Einschlüsse anzutreffen. Diese Zellen werden im folgenden als "D-Zellen" bezeichnet (Abb. 30). Außerdem treten regelmäßig Zellen auf, deren Zellgrenzen anscheinend aufgelöst sind.

Nach 15-tägiger Fütterung treten die "D-Zellen" bei gleichzeitiger Verbreitung des Interzellularraumes am häufigsten auf. Die Zellen, deren Zellmembran unterbrochen sind, sind deutlich zu erkennen. Bei ihnen findet man nur einen schwarz gefärbten Nukleolus (Abb. 31).

Die Meßergebnisse zur Kern-Plasma-Relation sind in Tab. 13 zusammengestellt. Wie sich aus den betreffenden Angaben ergibt, bestehen keine wesentlichen Unterschiede hinsichtlich des verschiedenen Futters bzw. der unterschiedlichen Altersstadien der Fische (5, 10 bzw. 15 Tage nach Dottersackaufzehrung). Die Kern-Plasma-Daten eignen sich somit nicht als Kriterien für die verschiedenen Fütterungsbedingungen.

Abb. 29: Hepatocyten von Karpfenbrut nach 5-tägiger Fütterung mit Trouvit. In erster Linie treten in den Leberzellen viel kleine oder große Fetttropfen auf (†).

Vergr.: 370 x

Abb. 30: Hepatocyten von Karpfenbrut nach 10-tägiger Fütterung mit Trouvit. Neben der Ausbildung zahlreicher Fetttropfen ist das Auftreten von Zellen, die keinen Kernausschnitte und nur geringfügig Zellorganellen besitzen sogen. D-Zellen: (D-Z), auffallend.

Vergr.: 1480 x

Abb. 31: Hepatocyten von Karpfenbrut nach 15-tägiger Anfütterung mit Trouvit.

a) Die Interzellulärräume sind verbreitet und es treten vermehrt sogen. D-Zellen (D-Z) auf.

Vergr.: 1480 x

b) Bei einem Großteil der Zellen erscheinen die Zellgrenzen aufgelöst (†) und außerdem dunklen Zellkern sind kaum mehr als Zellorganellen zu erkennen.

Vergr.: 1480 x

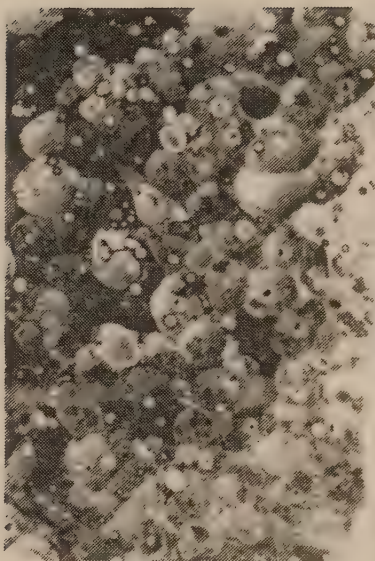


Abb . 29

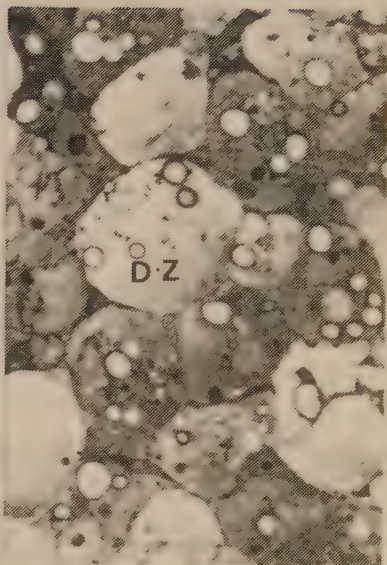


Abb. 30

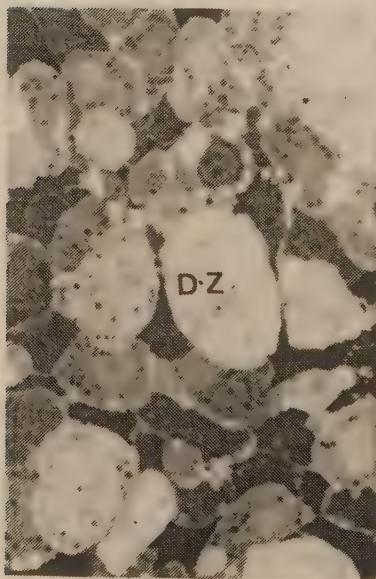


Abb. 31a



Abb. 31b

Tabelle 13. Messergebnisse an den Leberzellen von jungen Karpfen vor oraler Futteraufnahme und nach Beginn unterschiedlicher Fütterung.

Fütterungszeit	0	5 Tage			
Futtermittel	0	Artemien	Brachionus	Trovit	
Kern (n=100)					
Umfang (μm)	19,95 ±	21,26 ±	17,26 ±	18,42 ±	2,97
Fläche (μm^2)	29,68 ±	35,42 ±	22,58 ±	26,41 ±	7,91
Formfaktor	0,93 ±	0,95 ±	0,95 ±	0,95 ±	0,03
Plasma (n=100)					
Umfang (μm)	43,74 ±	59,95 ±	48,80 ±	60,84 ±	6,49
Fläche (μm^2)	131,10 ±	240,94 ±	165,82 ±	258,71 ±	53,70
Formfaktor	0,85 ±	0,82 ±	0,87 ±	0,83 ±	0,08
K-P-Relation	0,24 ±	0,14 ±	0,14 ±	0,11 ±	0,03

4.1.2. Einfluß der Futterumstellung

Nach 10-tägiger Fütterung mit Lebendfutter können die Fische das Trouvit aufnehmen. Während in den Leberzellen nach 15-tägiger Fütterung mit Lebendfutter reichlich Glykogen, nicht aber Fett nachzuweisen ist, wird in den Leberzellen nach 10-tägiger Fütterung mit Lebendfutter und weiteren 5 Tagen Fütterung mit Trouvit neben Glykogen auch reichlich Fett angetroffen (Abb. 32). Am Grad der Fetteinlagerung läßt sich aber nicht unterscheiden, ob die Fische vorher mit Artemia oder Brachionus gefüttert worden sind. Große und kleine Fetttropfen befinden sich gleichmäßig verteilt im gesamten Zytoplasma (vgl. Tab. 15).

Eine 5-tägige Trouvitfütterung nach einer 10-tägigen Artemia- bzw. Brachionusfütterung führt zu einer Zunahme der Kern- bzw. Plasmafläche bis um ca. 40 % durch Fettanreicherung. Dabei sinkt die K-P-Relation bis auf 0,12 ab (Tab. 14). Weiterhin bringt die Umstellung von Lebendfutter auf Trockenfutter eine signifikant ($p < 0,05$) größere Kern- bzw. Plasmafläche der Leberzellen im Vergleich zu den Fischen, die weiter mit Lebenfutter gefüttert wurden (vgl. Tab. 13 und 14).

4.1.3. Abhängigkeit von der Futterqualität nach vorausgegangener Hungerphase

Nach 7-tägigem Hunger sind die Interzellularräume erweitert (Abb. 33 a,b). Weiterhin ist die Organisation des Hepatozytenparenchyms insoweit gestört, daß eine Zuordnung der Mitochondrien und des ER um den Kern nicht mehr zu erkennen ist.

Fetttropfen sind nach dem Hungerzustand in den Zellen nicht zu beobachten. Bei den Fischen, deren Hepatozyten von vornherein lipidfrei sind (bei Artemia- bzw. Brachionusfütterung), ergeben sich im Bezug auf den Lipidgehalt keine Unterschiede

Tabelle 14: Kern- und Plasmagröße sowie K-P-Relation der Leberzellen von Karpfenbrut nach einer Futterumstellung von Lebend- auf Trockennahrung.

Fütterung	A_{10}/T_5	B_{10}/T_5
Kern (n=100)		
Umfang μm	$20,26 \pm 3,84$	$22,60 \pm 3,76$
Fläche μm^2	$31,87 \pm 12,42$	$40,42 \pm 13,26$
Formfaktor	$0,93 \pm 0,07$	$0,96 \pm 0,03$
Plasma (n=100)		
Umfang μm	$57,35 \pm 9,22$	$71,43 \pm 10,64$
Fläche μm^2	$232,14 \pm 72,23$	$353,86 \pm 99,68$
Formfaktor	$0,87 \pm 0,08$	$0,86 \pm 0,07$
K-P-Relation	$0,13 \pm 0,05$	$0,12 \pm 0,04$

$A, B_{10}/T_5$: Artemia bzw. Brachionusfütterung für 10 Tage anschließend 5 Tage Fütterung mit Trouvit.

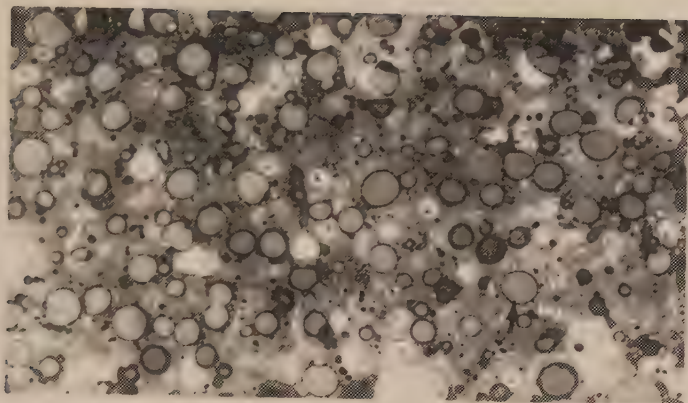


Abb. 32

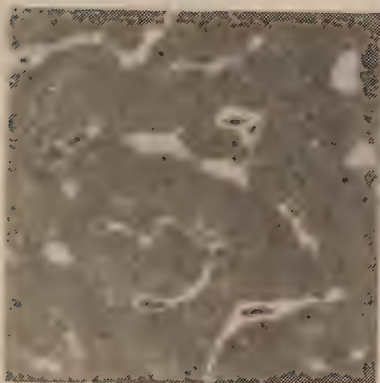


Abb. 33a

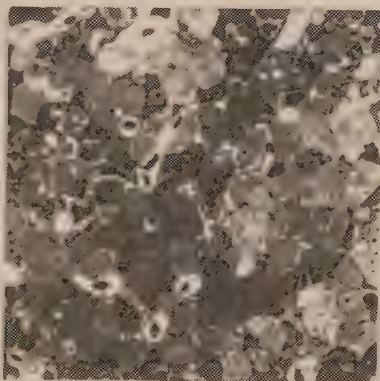


Abb. 33b

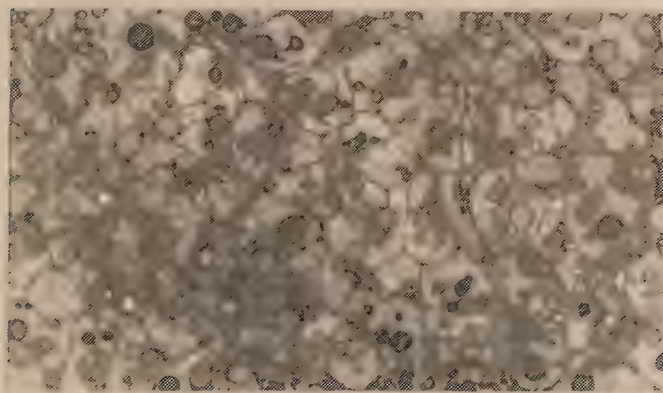


Abb. 34

Abb. 32: Leberzellen von Karpfenbrut nach 10-tägiger Anfütterung mit Artemia bzw. Brachionus und anschließend mit Trouvit über 5 Tage. Kleine und große Fetttropfen sind reichlich in den Leberzellen anzutreffen (↑).

Vergr.: 590 x

Abb. 33a: Leberzellen von Karpfenbrut nach 15-tägiger Anfütterung mit Artemia bzw. Brachionus, danach Hunger über 7 Tage. Es erfolgt eine Verkleinerung der Leberzellen bei gleichzeitiger Verbreitung der Interzellularräume.

Vergr.: 590 x

Abb. 33b: Leberzellen von Karpfenbrut nach 10-tägiger Anfütterung mit Lebendfutter, anschließend 5-tägiger Fütterung mit Trouvit, danach Hunger über 7 Tage. Neben der Verkleinerung der Leberzellen und der Verbreitung der Interzellularräume ist der Fettgehalt völlig verschwunden.

Vergr. 590 x

Abb. 34: Leberzellen nach 15-tägiger Anfütterung mit Artemia, anschließend Hunger über 7 Tage. Danach Wiederaanfütterung mit Trouvit über 5 Tage. Fett ist neben Glykogen reichlich gespeichert.

Vergr.: 590 x

Tabelle 15: Grad der Fetteinlagerungen in den Leberzellen von jungen Karpfen in Abhängigkeit von den Futterqualitäten

Behandlung bzw. Fütterung	Grad der Fetteinlagerung (Zahl der Tiere)				n
	+++	++	+	-	
<u>Wachstumsversuche</u>					
Artemia	-	-	-	30	30
Brachionus	-	-	-	30	30
Trouvit	3	8	8	3	22
<u>Futterumstellung</u>					
A ₁₀ /T ₅	10	-	-	-	10
B ₁₀ /T ₅	10	-	-	-	10
<u>Hungerversuche</u>					
A ₁₅ /H ₇	-	-	-	10	10
B ₁₅ /H ₇	-	-	-	10	10
A ₁₅ /H ₇ /A ₅	8	1	1	-	10
A ₁₅ /H ₇ /T ₅	10	-	-	-	10
B ₁₅ /H ₇ /B ₅	4	-	3	3	10
B ₁₅ /H ₇ /T ₅	6	-	3	1	10

- +++ : großtropfige Verfettung der Mehrzahl der Hepatozyten
 ++ : kleintropfige Verfettung der Mehrzahl der Hepatozyten
 + : kleintropfige Verfettung von ca. 20 bis 30% der Hepatozyten
 - : Fett nicht nachweisbar

zwischen gefütterten Tieren und Hungertieren (Abb. 33 a). Dagegen werden bei den Fischen, die von vornherein lipidreiche Leberzellen haben (Abb. 32), nach der Hungerphase keine Fetttropfen beobachtet (Tab. 15). Außerdem stellen sich die Hepatozyten bei Toluidinblaufärbung unterschiedlich hell und dunkel dar (Abb. 33b).

Die Kern- bzw. Plasmafläche sinkt nach 7-tägigem Hunger bis um ca. 11 % bzw. 54 % ab. Dabei ist die K-P-Relation fast auf das Zweifache vergrößert (Tab. 16).

Die geschilderten Veränderungen sind reversibel. Nach 5-tägiger Wiederanfütterung sowohl mit Lebendfutter als auch mit Trouvit nimmt die Weite der Interzellularräume wieder stark ab. Die Zellgröße nähert sich wieder dem Zustand vor der Hungerphase. Die Organisation des Leberparenchyms ordnet sich wieder wie bei den Tieren, die nicht gehungert hatten. Die Zuordnung der Mitochondrien und des ER um den Kern ist wieder deutlich zu erkennen. Bei dem Fütterungsregime 15 Tage Fütterung mit Artemia bzw. Brachionus, Hunger über 7 Tage und darauffolgender 5-tägiger Fütterung mit Artemia, Brachionus bzw. Trouvit, werden Glykogen und Fett reichlich vorgefunden (Abb. 34).

4.2. Elektronenmikroskopische Befunde an den Leberzellen

4.2.1. Ausgangssituation

Unter dem Elektronenmikroskop stellen sich die Hepatocyten der Fischlarven, die noch kein Futter gefressen haben, als kleine lichte Zellen dar. Die Zellmembran nebeneinander liegender Zellen sind parallel angeordnet. Bei einer 13800-fachen Vergrößerung kann ein sehr enger Raum zwischen den nebeneinanderliegenden Zellmembranen beobachtet werden. In den meisten Fällen liegen diese Zellmembranen sehr dicht nebeneinander.

Tabelle 16: Einfluß von Hunger und Wiederaufütterung mit verschiedenen Futterqualitäten auf die Kern-, Plasmafläche sowie K-P-Relation der Leberzellen von jungen Karpfen

Behandlung bzw. Fütterung	A_{15}/H_7	B_{15}/H_7	$A_{15}/H_7/A_5$	$A_{15}/H_7/I_5$	$B_{15}/H_7/B_5$	$B_{15}/H_7/I_5$
Kern (n=100)						
Umfang (μm)	$16,10 \pm 2,34$	$18,78 \pm 2,83$	$16,39 \pm 2,30$	$16,48 \pm 2,12$	$18,28 \pm 2,98$	$18,06 \pm 2,23$
Fläche (μm^2)	$20,06 \pm 5,95$	$27,65 \pm 8,55$	$20,69 \pm 5,77$	$20,86 \pm 5,25$	$25,73 \pm 8,33$	$25,04 \pm 6,24$
Formfaktor	$0,94 \pm 0,03$	$0,96 \pm 0,02$	$0,94 \pm 0,04$	$0,94 \pm 0,04$	$0,94 \pm 0,06$	$0,94 \pm 0,04$
Plasma (n=100)						
Umfang (μm)	$35,78 \pm 5,19$	$37,48 \pm 5,53$	$53,09 \pm 7,61$	$54,40 \pm 9,54$	$59,12 \pm 10,56$	$64,15 \pm 8,64$
Fläche (μm^2)	$90,92 \pm 24,60$	$102,68 \pm 32,59$	$191,07 \pm 54,51$	$199,88 \pm 70,46$	$240,96 \pm 82,97$	$282,84 \pm 71,39$
Formfaktor	$0,88 \pm 0,07$	$0,89 \pm 0,05$	$0,84 \pm 0,07$	$0,82 \pm 0,06$	$0,84 \pm 0,07$	$0,85 \pm 0,07$
K-P-Relation	$0,22 \pm 0,06$	$0,27 \pm 0,07$	$0,11 \pm 0,03$	$0,11 \pm 0,04$	$0,12 \pm 0,09$	$0,09 \pm 0,02$

A, B_{15}/H_7 : Fütterung mit Artemia bzw. Brachionus 15 Tage, anschließend 7 Tage Hunger

A, $B_{15}/H_7/A$, B, T_5 : Fütterung mit Artemia bzw. Brachionus, danach 7 Tage Hunger und anschließend 5 Tage Fütterung mit Artemia, Brachionus bzw. Trouvit

Im allgemeinen färbt sich das Zytoplasma mit Uranyl-Acetat und Bleicitrat nur sehr spärlich an. Unter den Organellen fallen Mitochondrien auf, die eine unregelmäßige rundliche Form zeigen und sich über das gesamte Zytoplasma verteilen. Während manche Mitochondrien nur etwa ein Fünftel der Kerngröße darstellen, sind die anderen annähernd so groß wie der Kern. Die Doppelmembran, die die Mitochondrien umhüllt, zeigt unregelmäßige Ausstülpungen. Bei manchen Mitochondrien stellt sich diese Doppelmembran unscharf dar (Abb. 35). Der innere Teil der Doppelmembran bildet gerade, sehr kurze und geringe Cristae mitochondriales. Einzelnen Mitochondrien haben im Schnitt kein Cristae (Abb. 36, 37). Die Mitochondrial-Matrix färbt mit Uranyl-Acetat und Bleicitrat sehr spärlich an und ist leer.

Das endoplasmatische Retikulum (ER) ist deutlich aus einer Doppelmembran aufgebaut, bildet kurze Stränge und ist zahlenmäßig sehr gering vorhanden. Es ist diffus unregelmäßig im gesamten Zytoplasma verteilt. An den Zisternen des ER sind nur wenige Ribosomen zu beobachten (Abb. 35). Bei den noch nicht gefütterten Karpfenlarven sind lysosomale Strukturen zu beobachten. Sie treten in drei Formen auf: 1. kleine (runde) kugelige Form mit dichtem Material, 2. große (runde) kugelige Form mit dichtem Granula und von einer Membran umgeben und 3. eine relativ kugelige Form mit zweigeteiltem, eine mit dichtem Granula, die andere mit faserförmigem Material (Abb. 36). Das zellorganellenfreie Zytoplasma stellt sich leicht granuliert dar.

Eine Reserverstofflagerung im Zytoplasma ist bei diesen Leberzellen nicht zu erkennen. Die Gallenkapillaren befinden sich häufig im Zytoplasma und besitzen viele Mikrovilli in unregelmäßiger Ordnung. Sie liegen am meisten neben Sinusoiden (Abb. 37). Die Zellkerne werden von einer Doppelmembran umgeben und zeigen eine regelmäßige runde Form.

Bei manchen Zellkernen werden Verbindungen zwischen der äußeren Membran und dem ER beobachtet (Abb. 35). An einigen Stellen treten die beiden Doppelmembranen, die den Kern

Überblick über Hepatocyten von Karpfenlarven, die ihren Dotter gerade verbraucht und noch nicht gefressen haben.

Abb. 35 : Die Verbindung zwischen der äußeren Kernmembran und dem ER ist deutlich zu erkennen (↑). Die Kernmembranen zeigen außerdem an einigen Stellen enge Kontaktstellen (Nukleopore).

Vergr: 8400 x

Abb. 36 : Kurze ER-Stränge sind unregelmäßig im Zytoplasma verteilt. Die drei verschiedenen Formen von Lysosomen lassen sich deutlich unterscheiden. Die Mitochondrien weisen kaum Cristae auf und zeigen eine elektronenlichte Matrix.

Vergr.: 13900 x

Abb. 37 : Intrazelluläre Gallenkanälchen und Sinusoide sind deutlich zu erkennen.

Verg.: 5040 x

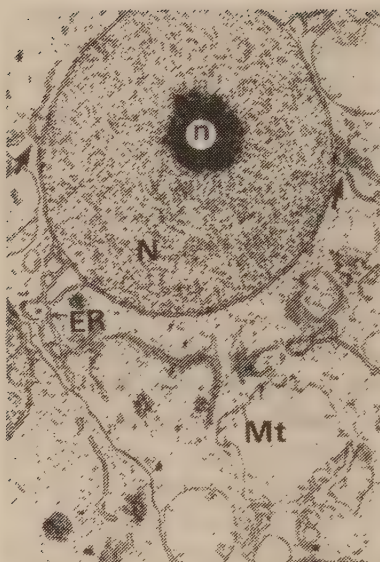


Abb. 35

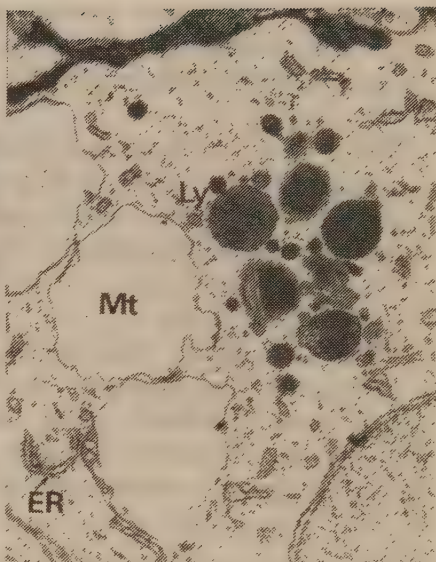


Abb. 36

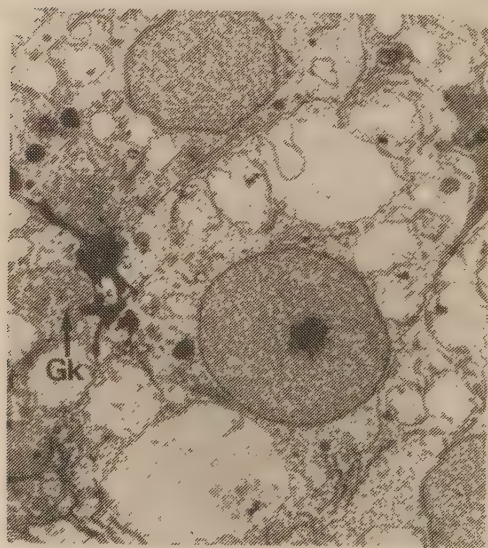


Abb. 37

umgeben in engen Kontakt zueinander. In der Mitte oder leicht exzentrisch liegt der Nucleolus, der sich mit Uranyl-Acetat und Bleicitrat sehr intensiv anfärbt. Das Nucleoplasma zeigt homogen verteiltes dichtes granuläres Material.

4.2.2. Abhängigkeit von der Fütterung mit Artemia

Die Entwicklung der Leberzellen ist in Abbildung 38 dargestellt. Nach 5-tägiger Fütterung mit Artemia vergrößert sich die Zytoplasmafläche und zeigt vermehrte Zellorganellen. Die Mitochondrien sind kleiner als in der Ausgangsphase, zeigen eine runde bis leicht ovale Form und besitzen viele Cristae und eine helle Matrix. Sie liegen um den Kern, inmitten von Glykogenfeldern oder vereinzelt an der Zellperipherie. Das ER entwickelt sich sehr deutlich mit vielen Ribosomen. Gegenüber der Ausgangsphase sind die ER-Stränge sehr lang. Sie liegen oft in der Nachbarschaft der Mitochondrien um den Kern angeordnet oder inmitten der Glykogenfelder. Die Gallenkanälchen sind vergrößert und zeigen etwas mehr Mikrovilli, die jedoch unregelmäßig angeordnet sind.

Unter den Reservestoffen fällt intensives abgelagertes Glykogen auf. Fetttropfen sind nicht zu beobachten. Die Zellkerne zeigen gegenüber der Ausgangsphase einen vergrößerten Nukleolus, der eine unregelmäßige Form hat. Ansonsten sind an den Zellkernen keine deutlichen Veränderungen gegenüber der Ausgangssituation erkennbar (Abb. 38a).

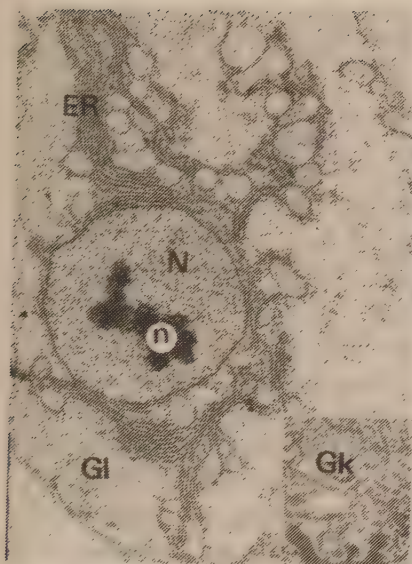
Nach 10-tägiger Fütterung sind die Hepatocyten verkleinert. Die Zellorganellen kommen gegenüber der 5-tägigen Fütterung in etwas geringerer Zahl vor. Die meisten Mitochondrien zeigen eine runde Form, besitzen kurze und wenige Cristae und helle Matrix. Sie befinden sich in den Arealen, in welchen Glykogen vorhanden ist. Das ER ist verkürzt und ordnet sich unregelmäßig an, wobei manche ER-stränge voneinander isoliert lie-

gen. Das ER befindet sich auch in den Arealen, in denen Glykogen vorhanden ist. Es kommt aber auch in der Nachbarschaft von Mitochondrien vor. Die Gallenkanälchen zeigen nach 5-tägiger Fütterung gegenüber diesem Zustand keine deutlichen Veränderungen an. Weiterhin kann man kleine lysosomale Gebilde im Zytoplasma beobachten. Die Lysosomen haben eine runde Form und werden von einer Membran umhüllt. Der innere Körper der Lysosomen ist mit schnurartigen Strukturen und dichten Granula gefüllt.

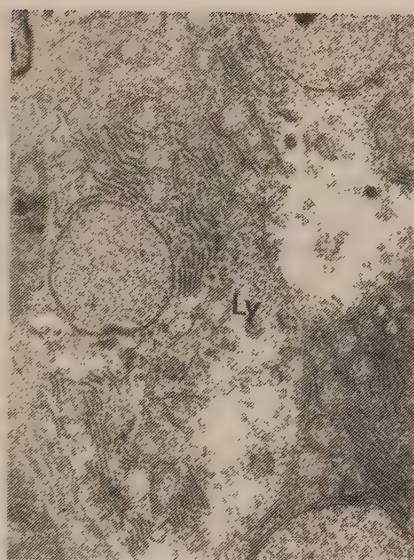
Der Glykogengehalt ist nach 10-tägiger Fütterung eindeutig reduziert, wobei in manchen Zellen glykogenfreie Areale zu beobachten sind. Fetttropfen sind nicht zu erkennen. Die Zellkerne zeigen keine deutliche Veränderung im Vergleich zu denen nach der 5-tägigen Fütterung (Abb. 37 b).

Nach 15-tägiger Fütterung zeigen die Leberzellen der jungen Karpfen eine deutliche Glykogenspeicherung. Die Zellorganellen treten dabei völlig zurück. Die Mitochondrien nehmen an Zahl ab und zeigen keine Ortspräferenz. Sie sind vereinzelt über das gesamte Zytoplasma verteilt. Gegenüber der 10-tägigen Fütterung sind die Mitochondrien leicht vergrößert. Das ER zeigt nur kurze Stränge und verteilt sich über das gesamte Zytoplasma. Zahlenmäßig ist das ER deutlich reduziert.

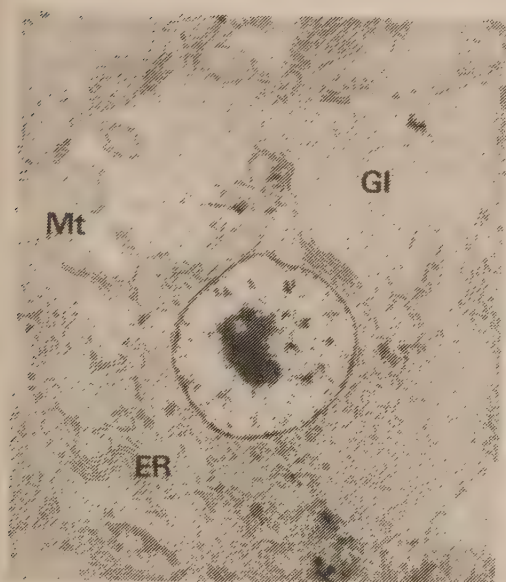
Die Gallenkanälchen sind gegenüber der 10-tägigen Fütterung durch regelmäßig fingerförmig vorspringenden Mikrovilli charakterisiert. Lysosomale Strukturen sind kaum zu finden. Im Kernplasma befindet sich neben dem Nukleolus auch deutlich verdichtetes Chromatin. Es verteilt sich entlang der Kernperipherie in einer dünnen Schicht, die an mehreren Stellen unterbrochen ist (Kernwandhyperchromasie). Außerdem befinden sich kleine Chromatinklumpen in großen Abständen über das gesamte Kernplasma verteilt (Abb. 38c).



a



b



c

Abb. 38

Abb. 38: Hepatocyten der Karpfenbrut bei der Fütterung mit Artemia

a) nach 5-tägiger Fütterung

Deutlich Glykogenspeicherung. Mitochondrien und ER sind gegenüber der Ausgangssituation stärker ausgebildet (Vergr.: 5040 x). Gallenkapillaren zeigen etwas mehr Mikrovilli mit unregelmäßiger Ordnung (Ausschnitte Vergr.: 3400 x)

b) nach 10-tägiger Fütterung

Der Glykogengehalt ist gegenüber Bild 37a eindeutig reduziert. ER befindet sich zusammen mit Mitochondrien in den glykogenhaltigen Arealen. Das Zytoplasma zeigt leere Areale. In den Lysosomen ist faserförmiges und dicht verpacktes Material zu erkennen. Vergr.: 3400 x

c) nach 15-tägiger Fütterung

Die Hepatocyten sind ganz auf Glykogen hinorientiert. Mitochondrien und ER treten völlig zurück. Vergr.: 5040 x

4.2.3. Abhängigkeit von der Fütterung mit Brachionus

Die Entwicklung der Leberzellstruktur bei der Brachionusfütterung ist in Abb. 39 dargestellt.

Nach einer 5-tägigen Fütterung (Abb. 39a) ist eine deutliche Vergrößerung der Hepatocyten zu erkennen. Gegenüber der Ausgangssituation sind die Zellorganellen verstärkt ausgebildet, sind im Vergleich zur Artemiafütterung jedoch geringer an Zahl. Die meisten Mitochondrien haben mehr Cristae und eine helle Matrix. In manchen Mitochondrien befindet sich ein mäßig elektronendichtes Material, und z.T. sind die Mitochondrienmembranen undeutlich zu erkennen oder sie haben sich aufgelöst. Die meisten Mitochondrien haben eine runde oder leicht ovale Form; sie liegen in Gruppen um den Kern versammelt, vereinzelt an der Zellperipherie oder einzelnen inmitten von Glykogenfeldern. Das von Ribosomen besetzte ER ist kürzer und zahlenmäßig geringer im Vergleich zu den Verhältnissen nach der Artemiafütterung. Seine Lage zeigt jedoch keinen wesentlichen Unterschied.

Hinsichtlich der Reservestoffe zeigen die Hepatocyten der Karpfenlarven nach 5-tägiger Brachionusfütterung eine Tendenz zur Glykogenanreicherung, wenn auch geringer im Vergleich zur Artemiafütterung. Fett ist in den Leberzellen nicht zu beobachten. Die Zellkerne zeigen kein deutlich unterschiedliches Bild zu den mit Artemia gefütterten Fischen.

Nach 10-tägiger Fütterung mit Brachionus (Abb. 39 b,c) sind die Hepatocyten noch deutlicher vergrößert. Hinsichtlich der Bildung von ER sind zwei verschiedene Hepatocytentypen zu beobachten. Erstens: Zellen, deren Zytoplasma von langen, dilatierten ER-Strängen dominiert sind. In diesem Fall verteilen sich die runden oder oval geformten Mitochondrien unregelmäßig zwischen ER oder in den Arealen, in denen Glykogen vorhanden ist. Das noch in geringem Maße vorhandene Glykogen liegt zwischen dem ER oder in den Arealen, die frei von ER sind. (Abb. 39 b). Zweitens: Die Zellen, deren Zyto-

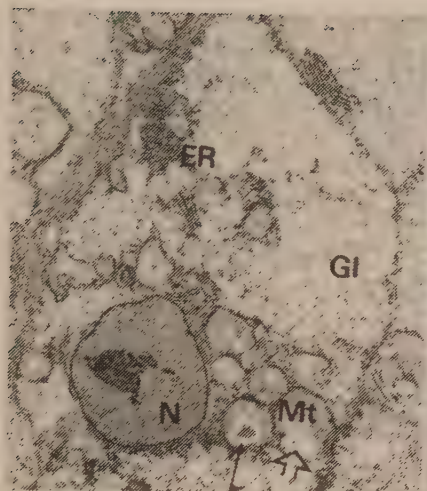
plasma nur wenige und kurze ER-Stränge besitzen. Das ER zeigt keine Dilatation wie bei Typ 1 und liegt parallel angeordnet entlang der Zellperipherie oder vereinzelt um die Mitochondrien, die sich in glykogenhaltigen Arealen unregelmäßig verteilen. Wie bei der 10-tägigen Artemiafütterung zeigt das Zytoplasma dieses Zelltyps Areale, die kein Glykogen enthalten (Abb 39c).

Die Gallenkapillaren zeigen keine deutlichen Veränderungen im Vergleich zur 5-tägiger Fütterung. Allgemein zeigen die Zellkerne ein elektronenlichtes Plasma und einen dichten großen Nukleolus. Weiterhin kann man unregelmäßig geformte Chromatinschollen in den Zellkernen beobachten.

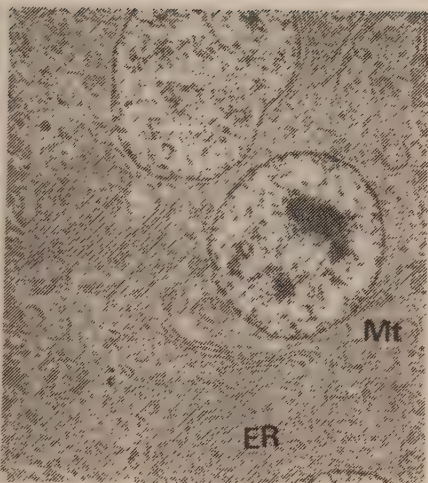
Nach 15-tägiger Brachionusfütterung (Abb. 39 d) zeigen die Hepatozyten der jungen Karpfen eine deutliche Glykogenspeicherung. Die Mitochondrien und das ER liegen eng beieinander und werden von Glykogen stark zurückgedrängt. Die Mitochondrien unterscheiden sich von jenen bei der 5-tägigen Fütterung nur undeutlich. Das ER bildet kurze Stränge und zeigt keine Dilatation. An den Zellkernen sind ebenfalls keine deutlichen Veränderungen festzustellen.

4.2.4. Abhängigkeit von der Fütterung mit Trouvit

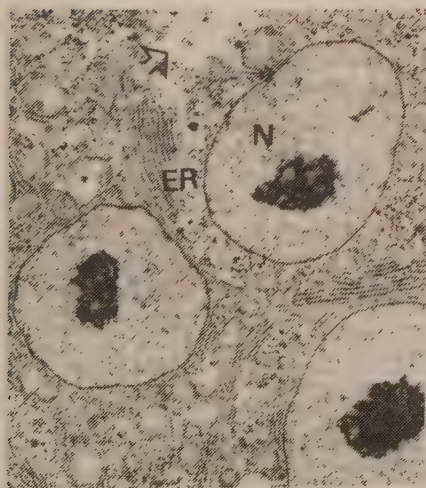
Die Entwicklung der Leberzellen ist in Abb. 40 dargestellt. Die Anfütterung mit Trouvit bewirkt ein völlig anderes Bild der Hepatocyten als bei der Fütterung mit Artemia bzw. Brachionus. Nach 5-tägiger Fütterung zeigen die Mitochondrien eine unregelmäßige Form, eine mäßig elektronendichte Matrix und helle Cristae. Im Vergleich zu den Mitochondrien bei der Artemia- bzw. Brachionusfütterung sind sie größer, zahlenmäßig aber viel geringer. Im ER sind die Zysternen erweitert und treten nur als kurze Fragmente hervor (Abb. 40 a). Ribosomen sind an der Außenseite des ER-Membran kaum zu beobachten. Im Vergleich mit der Ausgangssituation sind die Gal-



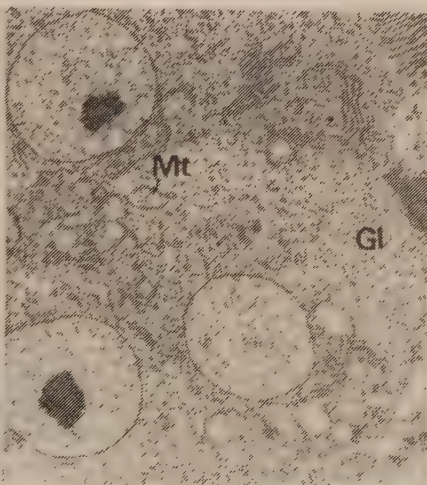
a



b



c



d

Abb. 39

Abb. 39: Die Hepatocyten der Karpfenlarven bei der Anfütterung mit *Brachionus calyciflorus*

a) nach 5-tägiger Fütterung

Die Hepatocyten speichern reichlich Glykogen. Aufgelöste Membranen und mäßig elektronendichtes Material in der Matrix charakterisiert die Mitochondrien (↑).
Vergr.: 5040 x

b) nach 10-tägiger Fütterung

Leberzellen Typ 1: Viele lange und dilatierte ER-Stränge sind deutlich zu erkennen (ER).
Vergr.: 5040 x

c) nach 10-tägiger Fütterung

Leberzellen Typ 2: Zytoplasma mit wenig und kurzen ER-Strängen. Das ER zeigt aber keine Dilatation. In diesem Bild ist ein leeres Zytoplasmaareal zu erkennen. ↑↑
Vergr.: 5160 x

d) nach 15-tägiger Fütterung

Die Hepatocyten orientieren sich auf Glykogenspeicherung, während die Zellorganellen zahlenmäßig deutlich zurücktreten.
Vergr.: 3400 x

lenkanälchen größer und besitzen mehr Mikrovilli. Weiterhin kann vereinzelt freiliegendes lysosomales Material beobachtet werden. Glycogen wird nur in wenigen Zellen gespeichert; viele Zellen enthalten es nur spärlich oder sind sogar frei von Glykogen. In den Zellen ohne Glykogen ist das ER aufgelöst. Außerdem sind kleine und große Fetttropfen zu beobachten. Bei manchen Zellen ist der Fetttropfen sogar größer als der Zellkern (Abb. 40 b). Die Zellkerne zeigen keine deutlichen Unterschiede wie bei der *Artemia* bzw. *Brachionus*-Fütterung.

Nach 10-tägiger Fütterung ist eine Veränderung der Leberzellen bzw. Zellorganellen festzustellen. Die Mitochondrien sind vergrößert und zeigen eine unregelmäßige Form mit heller Matrix und wenig Cristae. Außerdem befinden sich unregelmäßig geformte, elektronendichte Einschlüsse in der Mitochondrienmatrix (Abb. 40 d). Im Vergleich zu der 5-tägigen Fütterung zeigt das ER eine leichte Dilatation seiner Doppelmembran und besitzt etwas mehr Ribosomen. Die Gallenkanälchen erscheinen dilatiert, die Mikrovilli sind kurz und gering in der Anzahl. Lysosomale Strukturen im Zytoplasma sind weiterhin kaum anzutreffen. Glykogen ist nur in wenigen Zellen zu erkennen. Zellen, die glykogenfrei sind, aber Fetttropfchen enthalten (Abb. 40 c), kommen häufig vor. Die Zellkerne zeigen weiterhin keine deutlichen Veränderungen.

Nach 15-tägiger Fütterung ist die Leberzellstruktur völlig gestört. Bei einem Großteil der Zellen sind die Zellgrenzen aufgelöst; im Zytoplasma sind keine Zellorganellen und keine Reservestoffe zu erkennen. Nur bei sehr wenigen Zellen sind Glykogen und Fett anzutreffen, dabei zeigen die Zellorganellen eine deutliche Degeneration. Im Vergleich zu der 5- bzw. 10-tägigen Fütterung ist die Fläche der Mitochondrien wesentlich größer. Die meisten Mitochondrien besitzen kurze, wenige Cristae und eine sehr helle Matrix (Abb. 40e). Wenn auch manche Mitochondrien viele Cristae aufweisen, so sind diese Cristae fragmentiert (Abb. 40 f). Die Doppelmembranen des ERs sind deutlich verbreitet und besitzen kaum Ribosomen.

Abb. 40: Hepatocyten der Karpfenlarven bei der Anfütterung mit Trouvit

a) nach 5-tägiger Fütterung

Die Zellen besitzen große, mäßig elektronendichte, unregelmäßig geformte Mitochondrien. Das ER zeigt eine deutliche Dilatation. Glykogen und Fetttröpfchen sind anzutreffen.

Vergr.: 5040 x

b) nach 5-tägiger Fütterung

Der größte Teil des Zytoplasmas ist frei von Glykogen, wobei große Fetttropfen anzutreffen sind. Die Mitochondrien zeigen eine mäßig elektronendichte Matrix und helle Cristae.

Vergr.: 8400 x

c) nach 10-tägiger Fütterung

Das ER weist nur eine geringfügige Dilatation auf, die Anzahl der Ribosomen hat zugenommen. Das Gallenkanälchen erscheint dilatiert.

Vergr.: 8500 x

d) nach 10-tägiger Fütterung

Diese Zelle weist einen hohen Glykogengehalt auf. In der Mitochondrienmatrix sind unregelmäßig geformte elektronendichte Einschlüsse deutlich erkennbar.

Vergr.: 8400 x

e) nach 15-tägiger Fütterung

Die Mitochondrien erreichen ihre maximale Größe und haben sehr wenig Cristae.

Vergr.: 5040 x

f) nach 15-tägiger Fütterung

Die Zelle weist reichlich Glykogen auf, aber die Mitochondrien zeigen fragmentierte Cristae und das in geringer Anzahl vorhandene ER ist deutlich dilatiert.

Vergr.: 8400 x

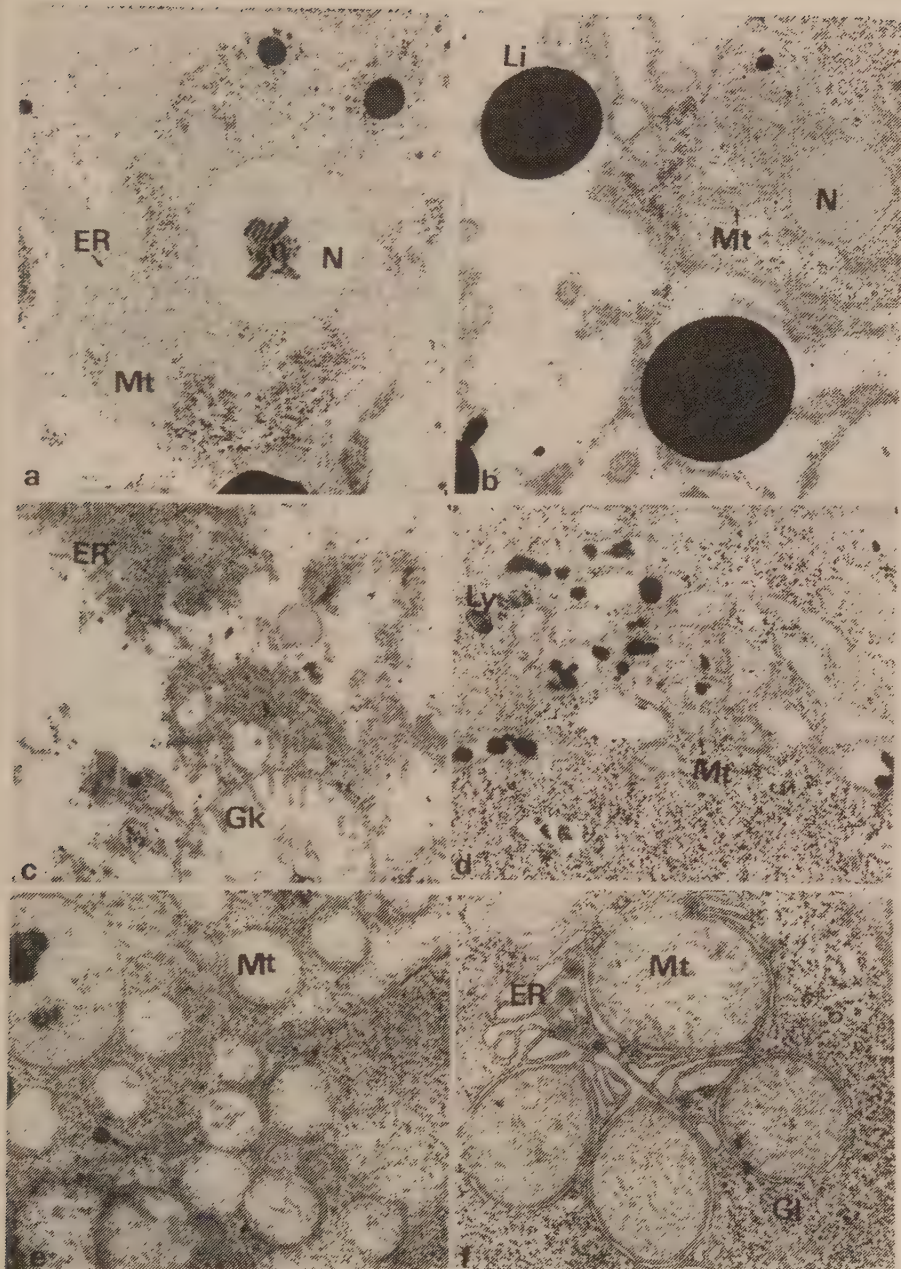


Abb. 40

Die bei lichtmikroskopischer Beobachtung als "D-Zellen" beschriebenen Hepatocyten zeigen unter dem Elektronenmikroskop keine Zellorganellen bzw. Zellkernanschnitte. Bei der elektronenmikroskopischen Betrachtung weist die "D-Zelle" in ihrem dunklen Bereich (vgl. lichtmikroskopische Beobachtung) verdichtete Glykogengranula auf. Im hellen Bereich können keine Zellorganellen beobachtet werden. Die Struktur der noch vorhandenen Zellkerne zeigt keine deutliche Veränderung wie sie bei den 5- bzw. 10 Tage gefütterten Fischen zu erkennen sind.

4.2.5. Abhängigkeit von der Futterumstellung

Eine 5-tägige Fütterung mit Trockennahrung (nachdem die Fische 10 Tage zuvor mit Artemia bzw. Brachionus gefüttert worden waren), führt zu einer deutlichen Veränderung der Leberzellen. Neben einer Vergrößerung der Leberzellen (vgl. III.4.1.2), erfolgt in erster Linie eine intensive Fetteinlagerung in den Leberzellen, deren Ausmaß bereits lichtmikroskopisch schon erkennbar ist (vgl. Abb. 32). Im Vergleich zu den Zellorganellen bei der 15-tägigen Fütterung mit Artemia bzw. Brachionus sind die Mitochondrien kleiner und besitzen eine dunkle Matrix. Das ER zeigt dagegen keine deutlichen Unterschiede. Die Anordnung von ER und Mitochondrien ähnelt der bei der 15-tägigen Artemia- bzw. Brachionusfütterung. Lysosomales Material ist kaum zu erkennen.

Die eingelagerten Fetttropfen zeigen keine bevorzugte Lage und verteilen sich über das gesamte Zytoplasma. Außer Fett wird Glykogen in den Leberzellen reichlich eingelagert. Bei einer Umstellung von Brachionus auf Trouvit-Futter weisen die Zellorganellen und Reservestoffe der Leberzellen keinen deutlichen Unterschied auf im Vergleich zu der Umstellung von Artemia auf Trouvit (Abb. 41 a u. b). Die Zellkerne haben eine rundliche Form und sind chromatinarm, das Nukleoplasma ist hell und homogen und der Nukleus stellt sich stark elektronen dicht dar.

4.2.6. Abhängigkeit von der Futterqualität nach vorausgegangener Hungerphase

Bei Fischen, die nach der Anfütterung mit Lebendnahrung vor der Tötung 7 Tage fasteten, zeigen die Hepatocyten eine deutliche Verkleinerung und Veränderungen der Zellorganellenstruktur. Da die mit *Artemia* und mit *Brachionus* gefütterten Fische nach 7-tägigem Hunger ähnliche Bilder der Leberzellen zeigen, wird die Beschreibung der Veränderungen der Zellorganellen zusammen behandelt. Nach dem Hungerzustand fällt vor allem die Desorganisation der Zellorganellen auf. Die Mitochondrien haben eine unregelmäßige Form, eine elektronendichte und kompakte Matrix mit hellen Cristae. Zahlenmäßig haben die Mitochondrien abgenommen; sie verteilen sich unregelmäßig über das gesamte Zytoplasma. Im Vergleich zu dem Bild vor der Hungerphase ist das ER zahlenmäßig deutlich reduziert und befindet sich in einzelnen Abschnitten meistens um die Mitochondrien angeordnet. Manche ER-Stränge stellen sich undeutlich dar und haben einen sehr spärlichen Ribosomenbesatz. Weiterhin kommen im Zytoplasma größere Lysosomen mit zweigeteilter Matrix vor: ein sehr dunkler und ein hell-fibrillärer Teil. Im Vergleich mit vorgehungerten Fischen ist der Glykogengehalt hoch und diffus über das gesamte Zytoplasma verteilt. Fetteinlagerung ist in den Leberzellen aber nicht zu beobachten (Abb. 42 a und b). Hinsichtlich ihrer Form und Struktur zeigen die Zellkerne keine deutlichen Veränderungen, doch ist ihre Fläche verkleinert. Gallenkanälchen zeigen in ihrer Struktur keine deutlichen Unterschiede im Vergleich zu den vorgehungerten Fischen.

Bei den Fischen, die zuvor mit *Trouvit* gefüttert worden sind, zeigen die Leberzellen nach 7-tägigem Hunger wieder andere Veränderungen. Die Fetteinschlüsse sind vollständig verschwunden; nur in wenigen Leberzellen können ein bis zwei kleine Fetttropfen beobachtet werden (Abb. 43 a). Der Glykogengehalt ist im Vergleich zu gefütterten Fischen hoch, noch höher als bei den hungernden Fischen, die zuvor mit *Artemia*

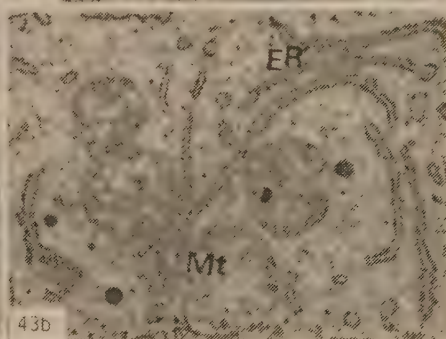
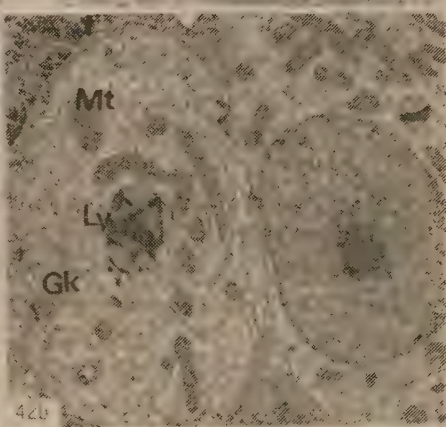
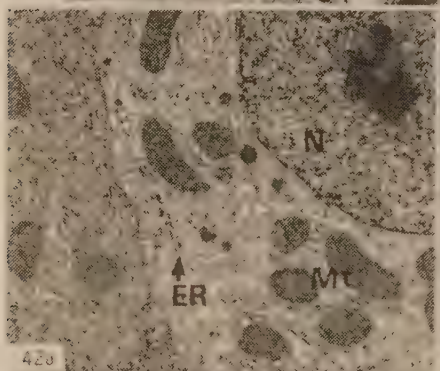
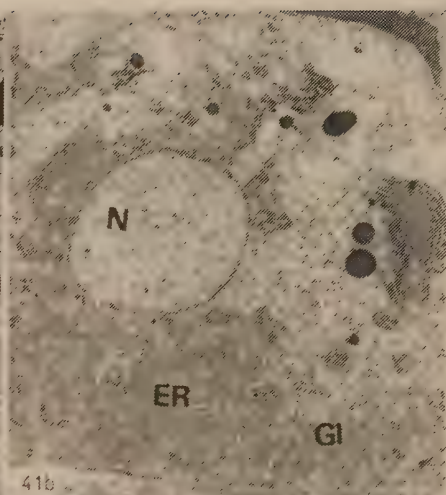


Abb. 41-43

Abb. 41: Hepatocyten der Karpfen nach 10-tägiger Fütterung mit Artemia (a) bzw. Brachionus (b) und anschließender 5-tägiger Fütterung mit Trouvit. Die kleinen Mitochondrien haben eine verdichtete Matrix. Im Zytoplasma befindet sich Glykogen und Fett als Reservestoff.

Vergr.: a) 5040 x; b) 5040 x

Abb. 42: Hepatocyten der Karpfen nach 15-tägiger Fütterung mit Artemia (a) und Brachionus (b) und anschließendem 7-tägigen Fasten.

Die Mitochondrien sind verkleinert. Sie haben eine dunkle Matrix und wenige helle Cristae und ihre Anzahl ist geringer geworden. Das ER hat sich ebenfalls verringert. Große Lysosomen treten im Cytoplasma auf. Glykogengranula sind noch deutlich zu erkennen. Granula-intra-mitochondrialia sind in (b) zu erkennen.

Vergr.: a) 13900 x; b) 8400 x

Abb. 43: Hepatocyten der Karpfen nach folgendem Fütterungsregime: über 10 Tage Lebendnahrung, danach 5 Tage Trouvit und anschließendes Fasten über 7 Tage. Die Zelle zeigt eine deutliche Reduzierung des Fettgehaltes, während der Glykogengehalt noch hoch ist. Die Mitochondrien sind vergrößert, haben eine unregelmäßige Form und eine mäßig elektronendichte Matrix (a). Die Cristae mitochondriales sind nunmehr als kurze Vesikel erkennbar. Das ER zeigt eine deutliche Dilatation (b).

Vergr.: a) 8500 x; b) 14600 x

bzw. Brachionus gefüttert worden waren. Die Anzahl der Mitochondrien hat sich verringert, sie sind vergrößert und zeigen eine unregelmäßige Form mit mäßig elektronendichter Matrix und wenigen kurzen Cristae.

Bei manchen Mitochondrien sind die Cristae von der Mitochondrienmembran völlig abgelöst und nur mehr als kleine Vesikel erkennbar oder die Cristae sind zur Membran hin aufgerollt (Abb. 43 b). Die meisten ER-Stränge zeigen eine deutliche Dilatation, besitzen nur noch einen spärlichen Ribosomenbesatz und sind in der Zahl etwas reduziert.

Die Gallenkanälchen besitzen weiterhin viele, dicht nebeneinander gelegene Mikrovilli (Abb. 43 a) und erscheinen geschrumpft. Neben Lysosomen wird viel kleines elektronendichtes Material (Peroxisom?) inmitten des Glykogenfeldes oder zwischen Mitochondrien und ER beobachtet. Die Zellkerne sind verkleinert (vgl. III.4.1.3.) und die Kernmembran zeigt unregelmäßige Ausbuchtungen (Abb. 43 a). Das Nukleoplasma stellt sich elektronendicht dar, und der Nukleolus ist intensiv kontrastiert.

Nach 7-tägigem Hunger nahmen die Fische das verabreichte Futter, sowohl Lebend- als auch Trockenfutter sofort an. Die Veränderungen der Hepatocyten sind nach der Wiederanfütterung mit Artemia, Brachionus sowie Trouvit reversibel. Nach 5-tägiger Wiederanfütterung mit Artemia sind die Leberzellen der Karpfen durch deutliche Fetteinlagerung wieder vergrößert, der Glykogengehalt ist erhöht. Bezüglich der Zellorganellen tritt in erster Linie eine Verkleinerung der Mitochondrien auf. Außerdem nimmt ihre Zahl zu. Wie in der Abb. 44a zu erkennen ist, zeigen die Mitochondrien eine helle Matrix. Sie liegen nebeneinander um den Kern nahe dem ER oder inmitten der Glykogenfelder. Die Regeneration des ER ist aber nicht vollständig, seine Doppelmembran zeigt noch eine leichte Dilatation. Die Anzahl der Ribosomen an den ER-Zisternen nimmt geringfügig zu. Die Zellkerne sind wie im Hungerzustand in ihrer Struktur nicht deutlich verändert.

Eine Normalisierung zeigen auch die Hepatocyten der Karpfen bei der Wiederanfütterung mit *Brachionus*. Die Anzahl der Mitochondrien hat sich leicht vermehrt, die Matrix stellt sich mäßig elektronendicht dar und die Cristae hell. Gegenüber dem Hungerzustand zeigt das ER eine leichte Vermehrung, jedoch ist die Dilatation noch erkennbar. Weiterhin sind Ribosomen noch spärlich anzutreffen. Lysosomale Strukturen sind kaum zu beobachten. Wie bei der Wiederanfütterung mit *Artemia* führt 7-tägiger Hunger und Wiederanfütterung mit *Brachionus* zu einer intensiven Fettspeicherung in den Leberzellen (vgl. Tab. 15). Glykogen ist in mäßigem bis in hohem Maße eingelagert. In den Leberzellen, in denen wenig Glykogen angetroffen wird, treten mehrere Fettropfen auf und umgekehrt (Abb. 44 b, c). Die Zellkerne zeigen keine deutlichen Veränderungen.

Die Wiederanfütterung mit *Trouvit* bewirkt eine Normalisierung der Hepatocyten. Die Mitochondrien und das ER zeigen im Vergleich zu denen bei der Wiederanfütterung mit *Artemia* bzw. *Brachionus* keinen deutlichen Unterschied, sowohl in ihrer Struktur als auch in ihrer Anordnung. Der Glykogengehalt entspricht etwa dem Zustand wie er bei den mit Lebendnahrung gefütterten Fischen anzutreffen ist. Außerdem treten viele kleine und große Fettropfen im Zytoplasma auf (Abb. 44 d). Im Allgemeinen unterscheiden sich die Leberzellen hinsichtlich der Reservestoffeinlagerung (vgl. Lichtmikroskopische Beobachtung, S.61) und der Anordnung der Zellorganellen bei Wiederanfütterung mit *Artemia*, *Brachionus* bzw. *Trouvit* nur geringfügig.

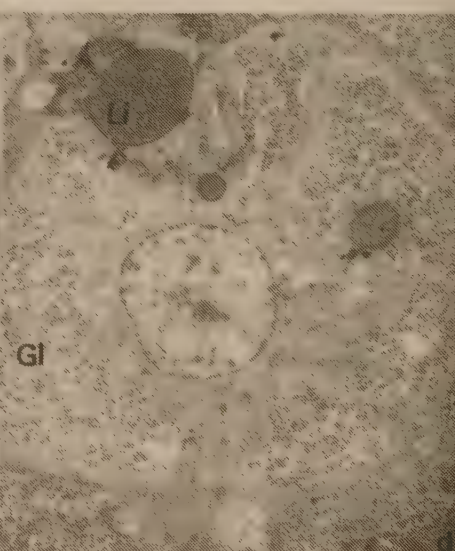
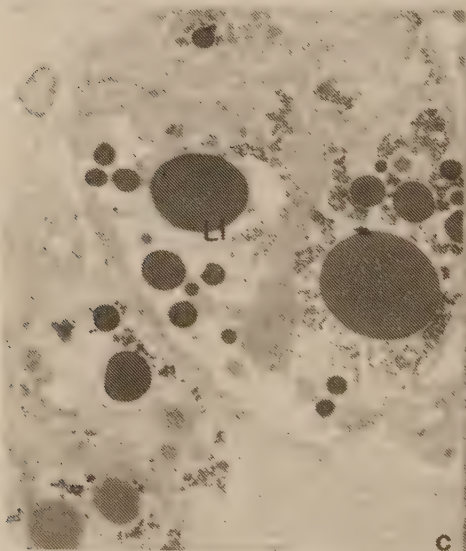
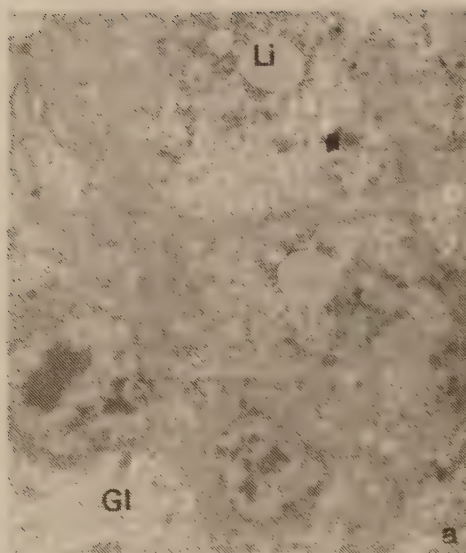


Abb. 44

Abb.: 44 Hepatocyten der Karpfen nach 7-tägigem Fasten und Wiederanfütterung mit verschiedenen Futterqualitäten.

a) Wiederanfütterung mit Artemien.

Es fällt in erster Linie eine Verkleinerung und ein Anstieg der Zahl der Mitochondrien auf. Das ER zeigt noch eine leichte Dilatation. Als Reservestoff befinden sich Glykogen und Fett im Zytoplasma.

Vergr.: 5040 x

b) Wiederanfütterung mit Brachionus.

Die Mitochondrien stellen sich mäßig elektronendicht dar und haben zahlenmäßig zugenommen. Das ER zeigt noch eine leichte Dilatation (↓). Als Reservestoff sind Glykogen und Fett im Zytoplasma zu beobachten.

Vergr.: 5040 x

c) Wiederanfütterung mit Brachionus.

In den glykogenfreien Bezirken ist Fett eingelagert.

Vergr.: 5040 x

d) Wiederanfütterung mit Trouvit. Wie bei der Wiederanfütterung mit Artemien bzw. Brachionus, hat sich die Zahl der Mitochondrien vermehrt. Das ER zeigt eine leichte Dilatation. Glykogen und Fett sind als Reservestoff vorhanden.

Vergr.: 5040 x

4.3. Zusammenfassung

Wenn man die Cytologischen Befunde zusammenfaßt, so ergibt sich folgendes:

1. Die Futterwertigkeit bei Karpfenbrut (bis zum Alter von 15 Tagen nach Dottersackaufzehrung) kann mit Hilfe der Entwicklung der Kern- bzw. Plasmafläche der Leberzellen nicht beurteilt werden.
2. Die Reservestoffe (Glykogen und Fett) in den Leberzellen werden von den verschiedenen Futterqualitäten beeinflusst: Durch Artemia und Brachionus kommt es zu einer starken Glykogenanreicherung. Fettanhäufungen werden nicht beobachtet. Nach Trouvit-Fütterung reichert sich Fett in den Leberzellen an.
Diese Befunde erhält man bereits durch lichtmikroskopische Untersuchungen.
3. Aus den elektronenmikroskopischen Analysen folgt, daß durch Trouvit-Fütterung die Struktur der Mitochondrien und des Endoplasmatischen Retikulums verändert wird (Auflösung der Randstrukturen). Bei dem gewählten Lebendfutter ist das nicht der Fall.

Alle übrigen Kriterien erweisen sich für die angestrebte Bewertung als untauglich.

IV. Diskussion

Der Vorteil der Lebendfütterung bei der Aufzucht von Karpfen, insbesondere während der ersten 3-4 Wochen ist durch viele Untersuchungen belegt (z.B. Kainz 1974, 1976, Anwand et al. 1976 a,b; Albrecht et al. 1977, Kainz und Gollmann 1980, Schmidt 1986).

Bei Massenaufzuchten von Karpfen, die aus wirtschaftlichen Gründen (gerade auch in Indonesien!) von besserer Bedeutung sind, ist das geeignete Lebendfutter jedoch nicht ohne weiteres in der benötigten Menge verfügbar. In den ersten Tagen nach Aufzehrung des Dottersackes hat sich in Versuchen die Fütterung mit *Artemia-salina*-Nauplien besonders bewährt. Das Wachstum erfolgte hinreichend rasch, so daß nach 9 Tagen bereits eine Fütterung mit größeren Vertretern des Teichzoo-planktons möglich war. Diese Ergebnisse waren in jedem Fall besser, als wenn sich an die Artemiafütterung eine Fütterung mit Trockenfutter (Trouvit-00) anschloß, obgleich es Kainz (1974) gelungen war, die Verlustquote innerhalb der Trockenfutterphase auf unter 5 % zu halten.

Die Durchsicht der einschlägigen Literatur zeigt, daß alle Versuche, das natürliche Planktonlebensfutter durch Kunstfutter zu ersetzen, zwar zu verschiedenen, aber grundsätzlich zu höheren Mortalitätsraten geführt haben. Besonders gute Ergebnisse wurden immer mit Artemialarven erzielt (vgl. auch Bryant und Matty 1980).

Da neuerdings auch Massenkulturen von Rotatorien beherrschbar sind, und diese Organismen durchaus auch unter den Bedingungen existieren können, die in Teichen mit intensiver Bewirtschaftung vorliegen, lag es nahe, das Problem der Fütterung in den ersten Tagen bzw. Wochen nach Aufzehrung des Dottersackes mit diesen Organismen einer Analyse zuzuführen.

Die erwähnten Testgrößen sind die üblicherweise gewählten. Sie haben sich bewährt; ihre Beibehaltung erleichtert den Vergleich mit den unter anderen Bedingungen bzw. Futterqualitäten erzielten Ergebnissen anderer Autoren. Das gilt auch für die lichtmikroskopischen und die elektronenmikroskopischen Untersuchungen. Hier haben sich bisher die qualitativen Untersuchungsmerkmale, wie "Fettanreicherung" bzw. "Glykogenanreicherung" in den Leberzellen bewährt. Sie sind in jedem Fall leicht erkennbar und mit den meßbaren Größen wie Wachstum und Korpulenzfaktor m.E. korrelierbar. Möglicherweise sind sogar noch feinere Unterschiede erkennbar, wenn die qualitativen bzw. semi-quantitativen Merkmale durch Fett-, bzw. Glykogenanalysen quantifiziert werden. Das einzige ausgewählte quantitative Kennzeichen, die Kern- Plasma-Relation erwies sich jedoch für den angestrebten Vergleich als untauglich.

Ogleich die Wirkung der verschiedenen Futterqualitäten bei jeweils anhaltender Fütterung cytologisch gut erkennbar ist, bleibt doch auch die Regeneration der Leberzellen bzw. ihrer Bestandteile ein wichtiges Kriterium zur Beurteilung der gewählten Futterart. Die kurzfristige Regeneration (innerhalb von 5 Tagen!) könnte sich in Spezialfällen sogar als besonderer Vorteil für die Bewertung verschiedener Futterqualitäten erweisen, nicht zuletzt aus dem einfachen Grund, daß es durch eine hinreichend lang gewählte Hungerphase möglich ist, die "Vorgeschichte" der Versuchstiere zu vereinheitlichen und damit vergleichbare Ausgangsbedingungen zu schaffen.

Ähnliche Überlegungen ergeben sich aus der Anordnung der Methode der Futterumstellung. Meine Untersuchungen haben gezeigt, daß alle 3 Methoden (Kontrolle der Wachstumsgrößen bei anhaltender Fütterung, Futterumstellung, Regeneration nach vorausgegangener Hungerphase) für die angestrebten Vergleiche geeignet sind. Sie führten zu keinen einander widersprechenden Befunden und sind daher, jede für sich allein genommen, anwendbar. Je nach spezieller Fragestellung sind jedoch Gründe denkbar, aufgrund derer entweder die eine oder die andere und nicht unbedingt in jedem Fall alle 3 Methoden angewendet werden müssen.

Darüber hinaus sind allerdings auch noch weitere Analysen möglich und im Einzelfall auch nötig. So sind die ungünstigen Wachstumsbedingungen durch Trouvit-00 bei meinen Untersuchungen vor allem darauf zurückzuführen, daß dieses Futter in den ersten ca. 2 Wochen nach Aufzehrung des Dottervorrats verhältnismäßig schlecht aufgenommen worden ist. Die Nachteile gegenüber dem Artemia- und Brachionusfutter sind somit vor allem diesem Umstand zuzuschreiben und nicht nur der geringeren Verwertbarkeit dieses Futters. Es ist interessant, daß sich zwischen Artemia und Brachionus hinsichtlich ihrer positiven Eigenschaften keine wesentlichen Unterschiede ergeben. Dabei ist die Tatsache, daß Artemia-Futter sich in zahlreichen Untersuchungen als günstigste Futterqualität erwiesen hat, von ganz besonderer Bedeutung, zeigt sie doch, ob mit der leicht kultivierbaren Rotatorienart Brachionus calyciflorus zumindest ebenso gute Resultate erzielbar sind. Damit erweist sich die Fütterung mit Brachionus calyciflorus vor allem aus wirtschaftlichen Gründen als besonders vorteilhaft.

Meine Untersuchungen schließen aber nicht ganz aus, ob es zwischen Artemia und Brachionus gewisse Unterschiede zugunsten von Brachionus gibt. So sind die Werte für Verdaulichkeit bei Brachionusfutter (ca. 90 %) innerhalb der ersten 5 Tage nach Aufzehrung des Dottersackes etwas höher als bei Artemia (ca. 84 %). Zu dem betreffenden Frühstadium der Karpfenlarven könnte dieser Unterschied u.U. bereits von Bedeutung sein. Besonders vorteilhaft für das betreffende Fischalter könnte es aber auch sein, wenn der Proteingehalt der beiden Futterqualitäten verschieden ist. Er liegt bei Brachionus bei 58 %, bei Artemia bei 50 %. Die diesbezüglichen Untersuchungen reichen aber nicht aus, um zu einem endgültigen Urteil zu kommen. Schließlich können auch noch andere mögliche Unterschiede in der Nährstoffzusammensetzung z.B. hinsichtlich der Peptide und/oder der Aminosäurezusammensetzung (Dabrowski und Rusiecki 1983, Cowey und Robert 1985, Kirchgeßner et al. 1986). Bei etwas älteren Fischen (ab 3 Wochen) könnten zumindest die kleineren Unterschiede in der Zusammensetzung der Nährstoffe weniger ins Gewicht fallen, nicht zuletzt, weil auch die Aktivität der Verdauungsenzyme mit fortschreitendem Alter zunimmt (Hofer 1985).

Dafür spricht auch der Befund, daß sogar das Trockenfutter Trouvit-00, welches sich in den ersten 2-3 Wochen nach Aufzehrung des Dottersackes als weitgehend ungeeignet erwiesen hatte, später (Körpergewicht ca. 16 mg) zu entsprechenden Zuwachsraten geführt hat, wie bei den Lebendfutterarten. Hofer (1985) konnte nachweisen, daß der Verdauungstrakt bei verschiedenen daraufhin untersuchten Fischarten in den ersten Lebenswochen noch verhältnismäßig unterentwickelt ist und Dabrowski (1979) zeigte, daß das auch für das "proteolytische Enzymsystem" zutrifft.

Aus all dem folgt, daß Brachionus ein hervorragendes Futter darstellt, welches vor allem geeignet ist, die kritischen ersten Tage der Karpfenlarven nach Aufzehrung des Dottersackes zu meistern.

Die Berechtigung, gerade die cytologischen Befunde von Leberzellen als Kriterium für den Ernährungszustand herauszuziehen, ergibt sich aus zahlreichen Untersuchungen (z.B. Braunbeck et al. 1987, Champman 1981, Kuhn 1983, Hinton and Pool 1975, Berlin und Dean 1983). Sie sind sogar bei verschiedenen Fischarten bei Verwendung des gleichen Futters weitgehend identisch (vgl. Champman 1981 bei Forellen, Kuhn 1983 bei der Goldorfe, Segner und Juario 1986 bei Chanos chanos). Wie Yamamoto (1964) und Napanitaya et al. (1979) bei Goldfischen (Carassius auratus) und Byczkowska-Smyk (1970) bei Karpfen (Cyprinus carpio) beobachtet haben, ergibt sich auch aus meinen Befunden, daß die Gallenkanälchen bei Karpfenlarven nicht nur zwischen benachbarten Leberzellen, sondern auch im Zytoplasma beobachtet werden. Byczkowska-Smyk (1971) deutet an, daß die Gallenkanälchen im Zytoplasma (intrazellulär Gallenkanälchen) nur innerhalb der Ordnung Cypriniformes nachzuweisen und insofern eine Besonderheit dieser Gruppe sind.

Hinsichtlich der Reservestoffe teilen Byczkowska-Smyk (1971), Champmann (1981) und Storch et al. (1983) mit, daß sowohl Glykogen als auch Fett in wechselnden Mengen in den Leber-

zellen der Teleosteer gespeichert werden kann. Das Ausmaß dieser Anreicherung ist anscheinend von mehreren Umweltfaktoren abhängig, wie z.B. von der Temperatur (Ebitani 1961 a, b, c, Farkas 1984, Seibert 1985, Segner 1985), von Insectiziden (Jarbrough und Coons 1975), aber eben auch von der Futterqualität (Storch et al. 1983, Segner 1985) und vom Hungerzustand (Yamamoto 1964, Langner und Storch 1978, Kuhn 1983), weshalb sie sich in meinen Untersuchungen als brauchbares Kriterium erwiesen haben.

Während, wie bereits angedeutet, die Massenkultur von Rotatorien der Art Brachionus calyciflorus keine wesentlichen Schwierigkeiten bereitet, liegt derzeit die Begrenzung der wirtschaftlichen Anwendbarkeit bei der Massenkultur vom Scenedesmus sp. als Futteralge für Brachionus, und dies vor allem durch das erforderliche Nährmedium. Aber auch in dieser Hinsicht deuten sich bereits wirtschaftlich geringere Möglichkeiten an. So gelang es Schlüter (1984) Scenedesmus-costate-granulatus als Futter für Brachionus rubens mit Hilfe von Schweinegülle in großen Mengen zu züchten. Nach eigenen Vorversuchen, über die mir nicht berichtet worden ist, gelingt es auch unter Verwendung von Hühnermist, günstige Aufzuchtbedingungen für Stichococcus sp. und Scenedesmus sp. zu etablieren. Es erscheint daher sehr wahrscheinlich, daß auch das letzte Problem: eine wirtschaftlich günstige Lösung für die Massenkultur der Rädertiernahrung zu finden, keine unübersehbare Hürde sein wird.

V. Zusammenfassung

1. Es wird über Untersuchungen über die Eignung von Rädertieren (Brachionus calyciflorus) als Aufzuchtsfutter für das Frühstadium von Karpfenlarven (Cyprinus carpio L.) berichtet. Zum Vergleich wurde einerseits das bei Jungfischen vieler Arten bewährte Artemialebendfutter und andererseits das Trockenfutter Trouvit-00 herangezogen. Letzteres war bisher nur bei Forellenbrut, nicht jedoch bei gerade freßfähig gewordenen Karpfenlarven getestet worden.
2. Bei den Fütterungsversuchen, die unmittelbar nach dem Aufzehren des Dottersackes begonnen worden waren, wurden folgende Varianten geprüft:

A. Durchgehend gleiches Futter

1. Fütterung Brachionus calyciflorus 15 Tage (Versuchsintervalle 5., 10. bzw. 15. Tag)
2. Fütterung Artemia salina 15 Tage (Kontrollintervalle 5., 10. bzw. 15. Tag)
3. Fütterung Trouvit-00 15 Tage (Kontrollintervalle 5., 10., bzw. 15. Tag)

B. Futterumstellung

1. Fütterung Brachionus calyciflorus bis zum 10. Tag, anschließend
 - a) Trouvit 5 Tage,
 - b) Brachionus 5 Tage

2. Fütterung Artemia salina bis zum 10. Tag, anschließend
 - a) Trouvit 5 Tage,
 - b) Artemia 5 Tage

C. Wiederanfütterung nach Hungerphase

1. Fütterung Brachionus calyciflorus bis zum 15. Tag, Hunger über 7 Tage und anschließend
 - a) Fütterung mit Trouvit-00 5 Tage
 - b) Fütterung mit Brachionus 5 Tage
2. Fütterung Artemia salina bis zum 15. Tag, Hunger über 7 Tage und anschließend
 - a) Fütterung mit Trouvit-00 5 Tage
 - b) Fütterung mit Artemia 5 Tage
3. Das Rotator Brachionus calyciflorus wurde in 4 zweistufigen "Algen-Rotatorien-Freßketten" von jeweils 12 L Inhalt kultiviert. Als Futter diente die Grünalge Scenedesmus sp. Für die Algenkultur wurde das künstliche Nährmedium Chu-12 verwendet. Artemia salina wurde im Kochsalzmedium (32 g NaCl/L Aquadest) aufgezogen und nach jeweils 48 Stunden verfüttert.
4. Bezogen auf das Trockengewicht zeichnen sich die ausgewählten Futterarten durch einen ähnlichen Proteingehalt aus: Artemia salina: $49,9 \pm 4,2$ %, Brachionus calyciflorus: $57,5 \pm 4,2$ % und Trouvit-00: $48,5 \pm 3,6$ %.
5. Der Fütterungserfolg wurde anhand folgender Größen getestet: Wachstum (Gewicht, Länge), Mortalität, Korpulenzfaktor und Futtermittelveauilichkeit. Dabei wurden, im Protein-gehalt ausgedrückt, in den ersten 10 Tagen nach Dotteraufr-zehrung 0,1 Protein/mg Fisch, in den anschließenden 5 Ta-gen nur noch 0,05 mg Protein/mg Fisch verabreicht.

6. Bei der Anfütterung mit Artemia salina und Brachionus calyciflorus lag die Mortalität bis zum 10. Fütterungstag < 4 %. Bei Verwendung von Trouvit lag sie schon nach dem 5. Tag bei 25 %. Sie stieg bis zum 15. Fütterungstag auf 80 % an.

7. Nach Aufzehrung des Dottersackes betrug das Gewicht (Länge) der Karpfenlarven $1,3 \pm 0,2$ mg/Fisch ($6,5 \pm 0,3$ mm). Durch die verschiedenen Futterqualitäten wurden nach 5, 10 und 15 Tagen folgende Größen festgestellt.
 - a) Artemiafutter: $4,4 \pm 1,2$ mg ($8,1 \pm 0,6$ mm),
 $16,6 \pm 5,4$ mg ($12,0 \pm 1,3$ mm), $41,0 \pm 15,8$ mg ($15,3 \pm 2,0$ mm)
 - b) Brachionusfutter: $4,9 \pm 1,0$ mg ($8,6 \pm 1,0$ mm)
 $16,5 \pm 3,8$ mg ($12,0 \pm 1,1$ mm), $38,9 \pm 9,5$ mg, ($15,3 \pm 1,0$ mm)
 - c) Trouvit-00 Futter: $1,6 \pm 0,3$ mg ($7,2 \pm 0,6$ mm),
 $3,4 \pm 1,3$ mg ($7,8 \pm 0,5$ mm), $3,9 \pm 1,5$ mg ($8,0 \pm 0,9$ mm)

8. Bei Artemia- bzw. Brachionusfütterung ergibt sich kein wesentlicher Unterschied hinsichtlich des Korpulenzfaktors ($1,1 \pm 0,1$). Bei Trouvit-00-Fütterung liegt der Wert mit $0,7 \pm 0,2$ signifikant niedriger.

9. Die Futterverdaulichkeit liegt sowohl bei Artemia- als auch bei Brachionusfütterung > 80 %. Bei Trouvit-00 Fütterung war die Futteraufnahme so gering, daß die Bestimmung der Futterverdaulichkeit mangels hinreichender Faecesmengen nicht möglich war.

10. Die unter verschiedenen Fütterungsbedingungen gebotenen 3 Futterqualitäten (Artemia, Brachionus, Trouvit)

- a) Beibehaltung der Futterqualität
- b) Wechsel der Futterqualität
- c) Zwischenschaltung einer 7-tägigen Hungerphase

wurden hinsichtlich ihrer cytologischen Auswirkungen in der Leber licht- und elektronenmikroskopisch geprüft, wobei folgende Eigenschaften Berücksichtigung fanden: Kern-Plasma-Relation, Fettanreicherung, Glykogenanreicherung, struktureller Ausbildungsgrad von Zellorganellen (Mitochondrien und Endoplasmatisches Reticulum).

11. Im Lichtmikroskop ergaben sich unter dem Einfluß der 3 Futterarten an der Leber folgende cytologische Befunde:

- a) Brachionusfütterung: Keine Abweichung von der normalen Ausbildung; keine Fettanreicherung.
- b) Artemiafütterung: Keine Abweichung von der normalen Ausbildung; keine Fettanreicherung.
- c) Trouvitfütterung: Die Leberzellen sind pathologisch geschwollen; Fettanreicherung nachweisbar; weitgehend organellenfreies Zytoplasma.

12. Im Elektronenmikroskop ergaben sich unter dem Einfluß der 3 Futterarten an der Leber folgende cytologische Befunde:

- a) Brachionusfütterung: Glykogenanreicherung, gut ausgebildete Zellorganellen und keine Fettanreicherung.
- b) Artemiafütterung: Glykogenanreicherung, gut ausgebildete Zellorganellen und keine Fettanreicherung.
- c) Trouvitfütterung: Glykogenarm und Fettanreicherung. Dilatiertes Endoplasmatisches Retikulum und Mitochondrien, sowie aufgelöste Zellmembranen.

13. Die nach einer 7-tägigen Hungerphase beobachtbaren Degenerationerscheinungen an Leberzellen wurden bei der älteren Karpfenbrut (Mindestalter: bzw. bei 16 mg. Stückge-

wicht) bei allen 3 Futterarten (Artemia, Brachionus und Trouvit-00) aufgehoben, ohne wesentliche futterabhängige Unterschiede erkennbar wurden.

14. Die Ergebnisse zeigen insgesamt, daß das leicht kultivierbare Rädertier Brachionus calyciflorus für gerade freßfähig gewordene Karpfenlarven bis zu einem Stückgewicht von ca. 16 mg/Fisch ein gut verwertbares Futter darstellt, welches der Artemiafütterung nicht nachsteht. Da Brachionus calyciflorus sich leicht in Massenkulturen aufziehen und halten läßt und auch in den Futterteichen (im Gegensatz zu Artemia salina!) noch lange als Lebendfutter verfügbar bleibt, dürfte es geeignet sein, die hohe Mortalität der Karpfenlarven erheblich herabzusetzen.

VI. Literaturverzeichnis

- Albrecht, M.L., Steffens, W. und Schicknick, H. (1977): Versuch zur Aufzucht von Karpfenbrut (*Cyprinus carpio*) mit Trockenfutter. Z. Binnenfischerei. DDR 24 (11): 331, 331-335.
- Anwand, K., Mendes, R., Schlumberger, M. und Liebenau, H. (1976): Ergebnisse der Entwicklung und Erprobung von Trockenfutmitteln für die industriemäßige Aufzucht von Karpfenbrut in Warmwasseranlagen, Z. Binnenfischerei DDR 23 : 194-215.
- Appelbaum, S. (1976): Das Verhalten von Karpfenlarven und die Möglichkeit, sie an Trockenfutter zu gewöhnen. Arch. Fisch. Wiss. 27 (2): 133-141.
- Appelbaum, S. (1977): Geeigneter Ersatz für Lebendnahrung von Karpfenbrut? Arch. Fisch. Wiss. 28(1): 31-43.
- Arore, H.C. (1966): Rotifera as indicators of trophic nature of Enviroments. Hydrobiologia 27, 146-159.
- Berlin, J.D. and Dean, J.M. (1974): Temperatur-induced Alteration in Hepatocyte structure of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J. Exp. Zool, 164: 117-132.
- Boraas, M.E. (1980): A chemostat system for the study of rotifers-algae-nitrate interactions. Am. Soc. Limnol. Oceanogr. Spec. Symp.
- Boraas, M.E. (1983): Population dynamicx of food-limited rotifers in the stage chemostat culture. Limnol Oceanogr. 28(3): 546-563
- Bowen, S.H. (1981): Digestion and assimilation of periphytic detrital agregate by *Tilapia mossambica*. Trans. American. Fish. Soc. 110: 239-245.
- Braunbeck, T., Gorgas, K., Storch, V. and Völkl, A. (1987): Ultrastructure of hepatocytes in golden ide (*Leuciscus idus mehanotus* L), Cypronidae: Teleostei) during thermal adaption. Anat. Embryol. 175: 303-313.
- Bryant, P.L. und Matty, A.J. (1980): Optimisation of Artemia feeding rate for Carplarvae (*Cyprinus carpio* L). Aquaculture, 21: 203-212.
- Buddington, R.K. (1970): Digestion of an quatic macrophyte by *Tilapia zillii* (Gervais). J. Fish. Biol. 15: 449-455.
- (1980): Hydrolysis Resistant Organic Matter as reference for measurement of Fish digestive efficiency. Trans. maerican Fish. Soc. 109: 653-656.

- Byczkowska-Smyk, W. (1970): The ultrastructure of hepatic of the carp (*Cyprinus carpio* L) and Gudgón (*Gabio gabio* L). *Acta. Biol. Crac. Series Zoologia*. 13: 22-25.
- (1971): Observation on the ultrastructure of hepatic cells of the sone loach (*Nemachilus barbatulus* L) and Perch (*Perca fluviatilis* L). *Acta. Biol. series Zoologia*. 14: 151-157.
- Chapman, G.B. (1981): Ultrastructure of the liver of the fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol* 18: 553-567.
- Charlon, N. and Bergot, P. (1984): Rearing system for feeding fish larvae on dry diets. Trial with carp (*Cyprinus carpio* L) larvae. *Aquaculture*. 41: 1-49.
- Chotyaputta, C. and Hirayama, K. (1978): Food selectivity of the rotifer *Brachionus plicatilis* feeding on phytoplankton. *Marine Biology*. 45: 105-111.
- Chu, S.P. (1942): The influence of the mineral composition of the medium on the growth of planktonic algae. I. Method and culture media. *J. Ecol*. 30: 284-325.
- Conover, R.J. (1966): Assimilation of organic matter by zooplankton. *Limnol Oceanogr*. 11: 333-345.
- Cowey, C.B. and Roberts, R.J. (1978): Nutritional pathology of Teleosts. In *Fish Pathology* (Robert, R.J. ed.). University Press. Aberdeen, Great Britain 318 p.
- Cowey, C.B. and Sargent, J.R. (1979): Nutrition, In *Fish Physiology*. (W.S. Hoar et al, ed.) vol VIII: 1-69. New York Academic Press.
- Dabrowska, H., Grudniewski, C. and Dabrowski, K. (1979): Artificial diets for common carp: Effect of the Addition of Enzyme Extracts. *Prog. Fish-Culturist* 41: 196-200.
- Dabrowski, K. (1984): Influence of initial weight during the change from live to compound feed on the survival and growth of four cyprinids. *Aquaculture*. 21: 203-212.
- Dabrowski, K. Bardega, R. und Przedwojski, R. (1983): Dry diets formulation study with common carp (*Cyprinus carpio* L) larvae. *Z. Tierphysiol. Tierernähr. Futtermittelkd*. 50: 40-52.
- Dabrowski, K. and Rusiechi, M. (1983): Content of total and free amino acids in zooplanktonic food of fish larvae. *Aquaculture*. 30: 31-42.

- De Silva, S.S., Steffens, W. und Schicknick, H. (1977): Digestivity of an aquatic macrophyte by the cichlid *Extroplus suratensis* (Bloch) with absorptions on the relative merits of three indigenous components as markers and daily changes in protein digestibility. J. Fisch.Biol. 23: 675-684.
- Ebitani, Y. (1961a): On the relationship between the fish liver and temperature condition. I. Elektron mikroskopy of the liver cells of *Aryzias latipes* on the suitable temperature (15° and 30°C). Arch. histol. jap. 21 (4/5): 491-509.
- (1961b). On the relationship between the fish liver and temperature condition. II. Elektromiskroskopy of the liver cells of *Aryzias latipes* at high temperature (34°C). Arch. histol. jap. 21: 521-533.
- (1961c): On the relationship between the fish liver and temperature conditions. III. Elektronmikroskopy of the liver cells of *Aryzias latipes* at low temperature (10°C), Arch. histol. jap. 22 (1): 101-105.
- Filatov, V.J. (1972): Die Effektivität der Nutzung natürlicher Nahrung durch die Brut des Karpfens *Cyprinus carpio* (in Russ). Übersetzt bei Merla, G. in Z. Binnenfischerei DD (1983).
- Flüchter, J. (1982): Substance essential for Metamorphosis of fish larvae extracted from artemia. Aquaculture. 27: 83-85.
- Fukuso, K., Okauchi, M., Tanaka, H. and Wahyuni, S.I. (1985): Food value of rotifer *Brachionus plicatilis*, cultured with *Tetrahymena tetrahele* for larvae of a Flounder *Paralichthys alivaccus*. Bull. Natl. Res. Inst. Aquaculture. 7: 29-36.
- Galkovskaya, G.A. (1963): Utilisation of food for growth and conditions for maximum production of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas. Zool. zh. 42: 506-512 (Übersetzt in Fisheries Research Board of Canada 997 1968).
- Garking, S.D. (1984): Assimilation and Maintenance Ration of an herbivorous fish, *Sarpa sarpa*, feeding on a green alga. Trans. American. Fish. Soc. 113: 378-387.
- Groeneweg, J. und Schlüter, M. (1981): Mass production of fresh water rotifers on liquid waters. II. Mass production of *Brachionus rubens* in the effluent of high-rate algal ponds used for treatment of piggy waste. Aquaculture. 25: 25-33.
- Jarbrough, J.D. and Coons, L.B. (1975): A comparative cytological study between hepatocytes of insecticide-resistant and susceptible Mosquitofish (*Gambusia affinis*) chem. Biol. Interac. 10: 247-254.

- Halbach, U. (1927a): Einfluß der Nahrungsqualität und -quantität auf die Populationsdynamik des planktischen Rädertiers *Brachionus calyciflorus* im Labor und Freiland. Verh. Ber. Deutsch. Zool. Ges. 65: 83-88.
- (1927b): Assoziationskoeffizienten dreier planktischer Rotatorienarten im Freiland und ihre Bedeutung aufgrund interspezifischer Beziehungen (Konkurrenz-Räuber-Beute-Beziehung). Oecologia. Berl. 9: 311-316.
- (1973): Quantitative Untersuchungen zur Assoziation von planktischen Rotatorien in Teichen. Arch. Hydrobiol. 71 (2): 233-254.
- und Halbach-Keup, G. (1974): Quantitative Beziehungen zwischen Phytoplankton und der Populationsdynamik des Rotators *Brachionus calyciflorus* Pallas. Befunde aus Laboratoriumsexperimenten und Freilanduntersuchungen. Arch. Hydrobiol. 73: 273-309.
- Hille, S., Deufel, J., Kausch, H. und Platz F. (1980): Entstehung eines Fettlebersyndroms bei Regenbogenforellen (*Salmo gairdneri*) in Abhängigkeit vom Kohlenhydrat- und Proteingehalt des Futters sowie bei Überfütterung. Arch. Hydrobiol. (suppl) 59: 1-16.
- Hilton, J.W. (1982): The effect of pre-fasting diet and water temperature on liver glycogen and liver weight in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson, during fasting. J. Fish. Biol. 20: 69-78.
- Hinton, D.E. and Pool, C.R. (1976): Ultrastructure of the liver in channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). J. Fish. Biol. 8: 209-219.
- Hirayama, K. and Watanabe, K. (1973): Fundamental studies of Physiology of Rotifer for its mass culture. IV. Nutritional effect of yeast on population growth of Rotifer. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39 (11): 1129-1133.
- Hofer, R. (1985): Einfluss von Kunstfutter auf die Verdauungsprozesse bei Fischlarven. Aktuelle Probleme der angewandten Fischbiologie. Workshop in Innsbruck (Weihburg) vom 26.-28. April 1985.
- Hogendoorn, H. und Huismann, E.A. (1982): Fortpflanzung und Brutauzucht: in Zucht und Produktion von Süßwasserfischen, Bohl, M. (Hrsg.), 97-117, DLG-Verlag, Frankfurt.
- Ince, B.W. and Thropé, A. (1976): The effect of starvation and force feeding on the metabolism of the northern pike, *Esox lucius* L. J. Fish. Biol. 8: 79-88.

- Ito, T., Watanabe, A., and Takahashi, Y. (1962): Histologische und cytologische Untersuchungen der Leber bei Fisch und Cyclosoma, nebst. Bemerkungen über die Fettspeicherungszellen. Arch. histol. Jap. 22(5): 429-463.
- Itzhaki, R.F. and Gill, D.M. (1964): A micro-biuret for estimating proteins. Analytical Biochemistry 9: 401-410.
- Jarborough, J.D. and Coons, L.B. (1975): A comparative cytological study between hepatocytes of insecticide-resistant and susceptible mosquito-fish (Gambusia affinis. Chem. Biol. Interac. 10: 247-254.
- Jähnichen, H. (1978): Technologie der industriemäßigen Brutgewinnung von Karpfen. Z. Binnenfischerei DDR 25 (4): 119-124.
- (1976): Die künstliche Vermehrung von Karpfen (Cyprinus carpio). Z. Binnenfischerei DDR 23(10): 304-315.
- (1982): Beitrag zur rationellen Vermehrung der Milchner bei der künstlichen Vermehrung von Karpfen (Cyprinus carpio). Z. Binnenfischerei DDR 29(12): 364-367.
- Juario, J.V. and Storch, V. (1984): Biological evaluation of phytoplankton (Chlorella sp., Tetraselmis sp. and isochrysis galbana) as food for milkfish (Chanos chanos) fry. Aquaculture. 40: 193-198.
- Kainz, E. (1974): Fütterungsversuche mit Karpfenbrut (Cyprinus carpio L). Öst. Fisch. 27 (2/3): 21-34.
- Kainz, E. (1976): Weitere Versuche zur Aufzucht der Brut des Karpfens (Cyprinus carpio L) mit Trockenfuttermitteln. Öst. Fischerei 29: 58-62.
- Kainz, E und Gollmann, H.P. (1980): Versuche zur Anfütterung der Brut von Karpfen (Cyprinus carpio L) und Grasskarpfen (Ctenopharyngodon idella Val) mit Trockenfutter. Öst. Fischerei. 33: 65-73.
- Kamra, S.K. (1966): Effect of starvation and refeeding on some liver and blood constituents of atlantic cod (Gambusia morhua L). J. Fish. Res. Bd. Canaca 23(7): 975-254.
- Kausch, H.V. und Ballion-Cusmano, M.F. (1976): Körperzusammensetzung, Wachstum und Nahrungsausnutzung bei jungen Karpfen (Cyprinus carpio L) unter Intensivhaltungsbedingungen. Arc. Hydrobiol 48(2): 141-180.
- Kirchgeßner, M., Kürzinger, H. und Schwarz, F.J. (1986): Digestibility of Crude nutrients in different feeds and estimation of their energy content for carp (Cyprinus carpio L). Aquaculture. 58: 185-194.

- Kuhn, G. (1983): Mikroskopische Anatomie des Verdauungstraktes der Goldorfe (*Leuciscus idus* L). diss. med. vet. LMU- München. 149 S.
- Langer, M. und Storch, V. (1978): Zur Ultrastruktur der Hepatocyten von Teleosteen bei Nahrungsentzug. Z. Mikrosk. anat. Forsch., Leipzig. 92(4): 641-564.
- Larsson, A. and Lewander, K. (1973): Metabolic effect of Starvation in the Eel, *Anguilla anguilla* L. Comp. Biochem. Physiol A44: 367-374.
- Leonhardt, H. (1974): Histologie, Zytologie und Mikroanatomie der Menchens. Georg Thieme Verlag. Stuttgart. 467 S.
- Love, R.M. (1974): The chemical biology of fishes. Accademic Press, New York. 547 pp.
- Lubenz, E., Sagie, G., Minkhoff, G., Meragelman, E. and Schneller, A. (1984): Rotifer (*Brachionus plicatilis*) improve growth rate of carp (*Cyprinus carpio*) larvae. Bamidgeh, 36 (1): 41-46.
- Meske, C. (1973): Aquakultur von Warmwasser-Nutzfischen Biotechniken und Tierversuche. Verlag. Eugen. Ulmer Stuttgart. 163 S.
- Mitschel (1986): Experiences with outdoor semicontinuous mass culture of *Brachionus calyciflorus* Pallas (Rotifera). Aquaculture. 51: 289-297.
- Müller, H. (1972): Wachstum und Phosphatbedarf von *Nitschia actinastroides* (Lemm). v. GOOR in statistischer und homokontinuierlicher Kultur unter Phosphatlimitierung. Arch. Hydrobiol. Sppl. 38:399-484.
- Napanitaya, W.; Carson, J.L., Grisham, J.W. and Aghanjanian. J.G. (1979): New observation on the fine structure of the liver in Goldfish (*Carasius auratus*). Cell. Tissue. Res. 196: 249-261.
- Pilarska, J. (1972): The dynamic of growth of experimental Population of the rotifer *Brachionus rubens* Ehrbg. Pol. Arch. Hydrobiol. 19(3): 265-277.
- (1977): Eco-physiological studies on *Brachionus rubens* Ehrbg. (Rotatoria): I. Food selectivity and feeding-rate. Pol. Arch. Hydrobiol. 24(3): 319-329.
- Rausch, T. (1979): Biomasseparameter und deren Bestimmung. Großpraktikum im Zoologischen Institut der Univ. München. 6 S.

- Sandersleben, J.V., Dämrich, K. und Dahne, E. (1981): Pathologische Histologie der Haustiere. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart. 336 S.
- Schlumberger, W., Anwand, K. und Mende R., (1976): The advance in rearing of silver carp and grass carp fry fed on different artificial food. Z. Binnenfisch. DDR 23: 164-173.
- Schwarz, F.J. und Kirchgeßner, M. (1982 b): Zur Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit beim Karpfen (*Cyprinus carpio* L). 2. Ermittlung: Zum Einfluß von Futtermenge und Wassertemperatur. Bay. landw. Jahrbuch 59: 85-89.
- (1982c): Zur Bestimmung der Nährstoffverdaulichkeit beim Karpfen (*Cyprinus carpio* L). 3. Ermittlung: Zum Einfluß unterschiedlicher Protein-, Fett- und Cellulosegehalte. Bay. Landw. Jahrbuch. 59: 434-440.
- Schwarz, F.J., Zeitler, M.H. und Kirchgeßner, M. (1983): Wachstum und Nährstoffaufwand bei Karpfen (*Cyprinus carpio* L) mit unterschiedlicher Protein- und Energieversorgung. 2. Mitteilung. Z. Tierphysiol. Tierernährung und Futtermittelkd. 49: 88-89.
- Segener, H., Schlumberger et al. (1985): Influence of starvation and refeeding different diets on the hepatocyte ultrastructure of juvenile *Siganus guttatus* Bloch (Teleostei: Siganidae). Zool. Anz. Jena 214(1/2): 81-90.
- (1985): Einfluß von Umweltfaktoren (Ernährung, Schwermetalle) auf die Hepatocyten von Teleosteen. Er-langung der Doktorwürde der Naturwissenschaftlich- Mathematischen Gesamtfakultät der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg 278 S.
- and Juario, J.V. (1986): Histological observation an the rearing of milkfish, *Chanos chanos*, fry using different diets. J. Appl. Ichtiol. 4: 162-173.
- Oregana-Acosta, B. and Juario, J.V. (1984): The effect of *Brachionus plicatilis* grown on three different species of phytoplankton on the ultrasucture of the hepatocytes of *Chanos chanos* (Foskal) fry. Aquaculture. 42: 109-115
- Seibert, H. (1985): Effect of temperature on Glucose release and glycogen metabolism in isolated hepatocytes from rainbow trout (*Salmo gairdneri*). Com, Biochem. Physiol. 81 B (4): 877-883.
- Smith, C.E. 81979): The prevention of liver lipid degeneration (Ceredosis) and microcytic anaemia in rainbow trut (*Salmo gairdneri* Richardson) fed racid diets: a preliminary report. J. Fish. Diseades. 2: 249-437.

- Starkweather, P.L. Gilbert, J.J. and Trost, T.M. (1979): Bacterial feeding by the rotifer *Brachionus calyciflorus*: Clearance and ingestion rates, behavior and population dynamics. *Oecologia (Berl)*. 44. 26-30.
- Storch, V. and Juario, J.v. (1983): The effect of starvation and subsequence feeding on the hepatocytes of *Chanos chanos* (Forsk.) fingerlings and fry. *J. Fisch. Biol.* 23: 95-103
- Storch, V., Stählin, N. and Juario, J.V. (1983): Effect of different diets on the ultrastructure of hepatocytes of *Chanos chanos* gry (Chanidae Teleostei): an electron microscopic and morphometric analysis. *Marine Biology*. 74: 101-104.
- Sumantadinata, K. (1981) Pengembangbiakan Ikan-Ikan Peliharaan di Indonesia. Sastra Hudaya. 117 S.
- Thaler, H. (1972). *Leberkrankheiten*. Springer Verlag Berlin-New York. 456 S.
- Tekeuchi, T., Watanabe, T. and Ogino, C. (1978 a): Supplementary effect of lipids in a high protein diet of rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 44(6): 677-681.
- (1978b): Optimum ration of protein to lipid in diets of rainbow trout. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fisch.* 44(6): 683-688.
- Tekeuchi, T., Yokoyama, M., Watanabe, T. and Ogino, C. (1978c): Optimum ratio dietary energy for rainbow trout. *Bull. Jap.Soc.sci. Fish.* 44(7): 729-732.
- Tamas, G. and Horvath, L. (1976): Growth of cyprinids under optimal zooplankton conditions. *Bamidgeh*. 28: 50-56.
- Van Dyke, J.M. and Sutton, D.L. (1977): Digestion of duckweed (*Lemna* spp.) by the grass carp (*Ctenopharyngodon idelle*). *J. Fish. Biol.* 11: 273-278.
- Verreth, J. (1974): Manipulation of the zooplankton populations in nurshering ponds of pike-perch fry (*Stizastedion lucio-perca* L). *Verh.Internat. Verrein. Limnol.* 22: 1672-1680.
- Walz, N. (1977): Produktion und Stoffbilanz der Dreikantmuschel *Dreissena polymorpha* Pallas im Bodensee. Dissertation an der Fakultät für Biologie der Albert-Ludwigs-Universität in Freiburg i.Br. 141 S.
- (1983): Individual culture and experimental population dynamic of *Keratella cochlearis* (Rotatoria). *Hydrobiologia*. 107: 35-45.
- Wang, K.W., Takeuchi, T. and Watanabe, T.(1985): Effect of dietary protein levels on growth of *Tilapia nilotica*. *Bull.Jap. Soc. Sci. Fish.* 51(1): 133-140.

- Watanabe, T., Ogawa, F., Kitajima, C. and Fujita, S. (1978): Nutritional quality of brine shrimp, *Artemia salina*, as living feed from the viewpoint of essential fatty acid for Fish. Bull. Jap. Soc.Sci.Fish. 44(10): 1115-1121.
- Weatherley, A.H. (1972): Growth and ecology of fish populations. Academic Press. New York: 11-22.
- and Gill, H.S. (1981): Recovery growth following periods of restricted rations and starvation in rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. J. Fish. Biol. 18: 195-208.
- Woynarovich, E. und Kausch, H. (1967): Vortragsveranstaltung über neue Methoden der Fischzucht und -haltung. Veranstaltet von Bund f. Fischerei Max Planck Inst. f. Kulturpflanzenzüchtung-Hamburg. 66-79.
- Yamamoto, T. (1964): Some observations on the fine structure of the liver cells in the starved Goldfish (*Carassius auratus*), with special reference to the morphology of fat metabolisation during starvation to the liver. Arch. Histol. Jap. 24: 335-345.
- Zeitler, M.H., Schwarz, F.J. und Kirchgeßner, M. (1983): Wachstum und Nährstoffaufwand bei Karpfen (*Cyprinus carpio* L) mit unterschiedlicher Protein- und Energieversorgung. 1. Mitteilung. Z. Tierphysiol. Tierernährung u. Futtermittelkd. 49: 80-87.

Lebenslauf

Name: Bambang Widigdo
Geburtsdatum: 9. August 1956
Geburtsort: Ngawi-Jawa Timur - Indonesien
Eltern: Sujono und Sri Sunarni
Staatsangehörigkeit: Indonesisch
Familienstand: verheiratet, 1 Sohn
Bekenntnis: Islam
Anschrift: d/a Fakultas Perikanan - Institut Pertanian Bogor; Bogor- Jawa barat, Indonesien

Schulausbildung

1964 - 1969: Volksschule: SD Rambejoyo Ngrambe
1970-1972: 1. Mittel Hoch Schule: SMPN Walikukum
1973-1975: Gymnasium: SMA III Madiun

Studium

1976-1980: Studium der Fischerei-Biologie an der Fischerei-Fakultät des Institut Pertanian Bogor (IPB), Indonesien
März 1980: Abschlußprüfung der Diplomarbeit

Aufbaustudium

7. Mai - 17. Juni 1982: Trainingcourse on Bioassay Techniques by Southeast Asian Ministers of Education Organization Regional Center for Tropical Biology (BIOTROP).
1. Sept. 1982 - 30. Juni 1983: Research and Training in Ecology and Fish Productivity at BIOTROP

München, 21. Dezember 1987

